

gischen Praxis in der Erdölindustrie

Von

Dr. Stanisław Zuber

Lwów (Polen)

Mit einer Figurentafel



Sonderdruck aus: »Internationale Zeitschrift für Bohrtechnik, Erdölbergbau und Geologie«, 1925

Verlag Hans Urban, Redakteur, Wien, XVIII.

Zur geologischen Praxis in der Erdölindustrie

Von

Dr. Stanisław Zuber

Lwów (Polen)

Mit einer Figurentafel



Sonderdruck aus: »Internationale Zeitschrift für Bohrtechnik, Erdölbergbau und
Geologie«, 1925

Verlag: H a n s U r b a n, Redakteur, Wien, XVIII.

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit des Geologen Herrn Dr. Stanislaus Zuber stellt das gründlich durchgearbeitete, alles umfassende Arbeitsprogramm eines Geologen von der Erforschung des Untergrundes angefangen, bis zur Exploitation der Erdölterrains dar.

Wir haben nicht gezögert, diese Arbeit in einem Heft zusammengefaßt herauszugeben. Der Verfasser ist der Sohn des verstorbenen sehr bekannten Erdölgeologen Professor Dr. R. Zuber, welcher als einer der besten Kenner der galizischen Erdölterrains seinerzeit viel von sich reden machte.

HANS URBAN.

Einleitung.

Obwohl die letzterschienenen Handbücher und allerlei Vademecum speziell die Erdölgeologie oder überhaupt verwandte Themen behandeln und diese zu erschöpfen scheinen, bleibt doch zu bemerken, daß in dieser Beziehung noch ziemlich viel zu leisten wäre.

Es handelt sich selbstverständlich nicht darum, neue Arbeitsmethoden einzuführen, oder die schon bekannten zu propagieren. Von Wichtigkeit wäre es meiner Ansicht nach, etwaige Beziehungen aufzuklären, die einerseits mit der rein geologischen Praxis verknüpft sind, andererseits tief in das industrielle Leben hineingreifen und eine ganz besondere Aufmerksamkeit erfordern.

Dabei halte ich es für ratsam, nicht unbeachtet zu lassen, daß zwischen dem Oelindustriellen und dem Geologen sehr oft Mißverständnisse herrschen. Diese entstehen eher auf Grund einer unvollkommenen Kenntnis des ersteren über die Aufgaben des Geologen und die Leistungsfähigkeit der angewandten Geologie. Dergleichen unaufgeklärte Beziehungen, die selbstverständlich nicht zu Gunsten der Erdölindustrie resultieren, stützen sich im allgemeinen auf eine mißbilligende Unterschätzung der Mitarbeit eines Geologen während des Bohrens und sogar während der Exploitation eines Erdölreviers.

Mein Aufsatz bezweckt in erster Linie eine kurz abgefaßte Methodenübersicht der rein industriell angewandten erdölgeologischen Praxis zusammenzustellen. Es sind jedoch nicht nur die Methoden selbst, die eigentlich sehr einfach wären, von Wichtigkeit,

sondern auch die Art und Weise ihrer Durchführung. Diese erfordert viel mehr Energie und mehr systematisch registrierte Beobachtung, als es im vorhinein scheinen mag. In mancher Beziehung sind dergleichen Aufgaben ziemlich kostspielig. Ihre unbedingte Notwendigkeit hat sich erst jetzt ergeben, und zwar nach einer langen, von Mißerfolg oft begleiteten Bohr- und Exploitationspraxis.

Manchem Leser wird es wahrscheinlich ziemlich sonderbar erscheinen, wie erstaunlich weit sich die Kompetenz eines Erdölgeologen in der Bohr- und Exploitationstechnik erstrecken mag. Es ist das Hauptziel dieses Artikels, zu zeigen, wie und warum dies erreicht wird und weshalb damit derart positive Erfolge für die Erdölindustrie verknüpft sind.

Die Methoden der angewandten geologischen Terrainforschungen samt den verschiedenen Beobachtungen beim Bohren sind größtenteils von dem in Handbüchern und Abhandlungen sogar rein geologischen Inhalt abzuleiten. Sie enthalten eigentlich gar wenig Neues.

Man muß jedoch betonen, daß eben diesem Teile der Erdölgeologie verhältnismäßig wenig Aufmerksamkeit gewidmet wird. Die Bemerkungen über dieses oder jenes Verfahren sind größtenteils nur vereinzelt angegeben und im allgemeinen sehr spärlich vorhanden. Dem Anfänger bleibt dabei nur der gesunde Menschenverstand, um sich in den umfangreichen und lokal oft variierenden Beobachtungsbedingungen selbständig zu orientieren und außerdem ein wissenschaftlich und dabei auch praktisch verwertbares Material zu sammeln. Aber es ist nicht nur die Genauigkeit in des Anfängers Arbeit, die, solchen komplizierten Fragen beugend, ihnen unmittelbar zum Opfer fällt, wir sind sogar oftmals Zeugen anderer viel wichtigerer Mißverständnisse, die sich vielleicht weniger dem Erdölgeologen selbst als der Naphtaindustrie fühlbar machen. Es handelt sich darum, daß ein Zentralkontrollor nirgendher erfahren kann, woüber es sich in Wirklichkeit handelt. Seine Unwissen-

heit ist hier gänzlich begreiflich. Denn, wenn es nicht selten zutrifft, daß der Geologe sich seiner Methoden, seiner Ziele und sogar seiner Kompetenz nicht immer sicher fühlt, woher also kann es nun der Industriemann zu wissen bekommen? Derselbe ist dabei gar oft von den rein theoretischen Diskussionen, die oft wissenschaftlich nicht so wertvoll erscheinen, betäubt, wobei er geneigt ist, sich nur entstellte Ansichten über die praktische Verwertbarkeit einer stetigen Mitwirkung des Erdölgeologen zu bilden.

Eine solche Mitwirkung besitzt ziemlich wenig Tradition. Nur in wenigen Fällen handelt es sich um mehr als zehn oder fünfzehn Jahre. In letzter Zeit jedoch hat überall wenigstens theoretisch, wenn nicht immer praktisch die Ansicht Oberhand gewonnen, daß nicht nur beim einfachen Terraingutachten, sondern auch bei der technischen Durchführung des Bohrplanes ein Geologe erforderlich sei.

Maßgebend in diesem, leider nicht immer siegreichen Zug der Erdölgeologie sind in erster Reihe die lokalen Bedingungen. Wenn der geologische Bau eines gewissen Reviers einfach, also die Lagerungsverhältnisse des Bitums dementsprechend auch nicht verwickelt sind, so wächst des Geologen Autorität. Das Genauigkeitsprozent seiner Vorschläge zeigt wenig Mißglücktes. Von Anfang an kann sich seine Mitarbeit in feste Formen einprägen.

In den einfach gebauten Terrains, wenn dabei dem Beobachter (abgesehen davon, ob er ein Geologe ist oder nicht) gute und klare Aufschlüsse zur Verfügung stehen, vermindert sich beträchtlich der Vorschlagsfehler. Auch ist es zu bemerken, daß in den Terrains, wo die Arbeit ziemlich einfach ist, ein jeder Bohringenieur nach einer längeren Praxis ein Geologe zu sein glaubt.

Diese Rolle wird von ihm in anderen, verwickelten Fällen, einem Fachmanne zuvorkommend überlassen. In dergleichen Terrains sieht die Sache ganz anders aus, besonders, wenn diese dabei noch von Verwässerung bedroht werden. Die Aufgaben, die die

Praxis dem Erdölgeologen täglich darbietet, sind in solchen Fällen höchst mannigfaltig. Der Geologe ist sogar nicht immer imstande, sie vollständig zu beherrschen. Bei diesen Bedingungen ist immer ein gesteigertes Fehlerprozent zu registrieren.

Ein jeder Terraintypus erfordert irgend ein spezifisch abgefaßtes Beobachtungssystem. Je einfacher sich der Fragenkomplex darstellt, desto einförmiger wird die Art und Weise der Behandlung des Materials. Wie es sich jetzt nach einer mehrjährigen Tätigkeit entsprechender geologisch-bohrtechnischer Bureaux zeigt, konvergieren die verschiedenen Beobachtungsmethoden in einer Richtung, die eigentlich vorauszu- sehen und von den natürlichen Bedingungen gewissermaßen abzuleiten ist.

So erweist sich in flach aufgewölbten Revieren und überhaupt in einfach gebauten Terrains, daß die Lagerungsverhältnisse in der Weise einförmig sind, die Exploitation nach bestimmten, manchmal sogar sehr umfangreichen Flächen stattfindet. Diese Bedingungen führen zu einer Generalisierung sowohl des Bohrprozesses selbst, wie der Exploitation, was mit wenigen Ausnahmen nach einem einfachen, leicht feststellbaren Schema stattfindet. Im Gegenteil, wenn die Lagerstätten in gefalteten Schichten zu Tage kommen, so hat es eine Individualisierung der Arbeit zur Folge, wie es z. B. in den Karpathen der Fall ist. Die Exploitation findet in dergleichen Bedingungen nach gewissen Linien statt, wobei nur von schmalen Erdölzonen die Rede sein kann. Ein Schema wird fast nie erlangt und wenn es auch einmal ausgearbeitet werden könnte, so ist es selbstverständlich auf eine unbedeutende Anzahl von Bohrsonden beschränkt.

In Beziehung auf einfach gebaute Terrains wäre es höchst lehrreich, die Erfolge, die sich in den Bakuer Erdölrevieren ergaben, mit denjenigen der Vereinigten Staaten zu vergleichen. Wenn wir z. B. den Anfang der nur für Erdölindustrie angewandten geologischen Praxis in den Bakuer Terrains näher betrachten, so

ersähen wir, daß das prächtig entwickelte Methodensystem, welches von den Geologen des geologischen Bureaus des Erdölsyndikats „Asneft“ vom Anfang an ausgearbeitet, geprüft und erfolgreich angewandt wurde, sich sehr wenig und eher in Einzelheiten als im Ganzen von den amerikanischen Methoden unterscheidet. Dabei ist zu betonen, daß all dieses Aufblühen eben in einer Zeit vor sich ging, als noch kein Literatúraustausch zwischen Baku und dem Ausland existierte, also vor dem Jahre 1923.

Wenn ich nun eine praktisch begründete Praxisübersicht zusammenzustellen beabsichtige, so muß ich mich unbedingt auf die Bakuer Erfahrungen stützen. Der dem Leser hiemit dargebotene Aufsatz ist eigentlich ein kurz abgefaßtes Resumé eines umfangreichen, während der Jahre 1919—1923 bearbeiteten Handbuches, das vorläufig in Manuskript vorliegt. Es handelt sich um diejenigen Methoden, deren Bedeutung gegenwärtig nicht nur anerkannt (größtenteils sind sie auch höchst einfach), sondern die auch im allgemeinen weitgehend angewendet werden. Nun wäre es angezeigt, eine Kritik der gegenseitigen Beziehungen und der Genauigkeit dieser oder jener Verfahren anzuführen. Andere bisher noch nicht als anerkannt eingeführte Methoden, die praktisch genügend auszuprobieren nachher gelungen ist, werden dementsprechend ausführlicher behandelt.

Dabei halte ich es für zweckmäßig zu betonen, daß in der vorstehenden Praxissskizze ein gewisser Unterschied zwischen der Leistungsfähigkeit eines Terrain- oder, anders ausgedrückt, eines Feldgeologen und des Betriebsgeologen gemacht wird.

Die gegenwärtige Sturm- und Drangperiode, die sich auch im Bergwesen fühlbar macht, eröffnet uns weit und breit neue Perspektiven des Aufschließens von allerlei Lagerstätten vermittlels der mannigfaltig anwendbaren geophysikalischen Methoden. Wenngleich uns dergleichen Experimente nicht optimistisch stimmend erscheinen, bleibt doch zu bemerken, daß sie

eher im Suchen begriffen sind. Gegenwärtig wären sie keineswegs als einwandfrei anwendbar anzusehen.

Der Zweck dieses Artikels besteht darin, des Lesers Aufmerksamkeit nur auf diejenigen Beobachtungsmethoden zu lenken, die sich praktisch als vollständig sicher ergeben haben. Wie sich die Fortschritte der geophysikalisch-geologischen Methoden in der Zukunft auch entwickelt zeigen möchten, ist doch nie zu vergessen, daß dadurch schwerlich eine unmittelbare Terrainuntersuchung, wie sie z. B. dem Bohrmeißel zu verdanken wäre, zu ersetzen ist.

Wenn es sich um entsprechende Literatur handelt, wäre zu betonen, daß in dieser Beziehung eher ein Mangel als ein Ueberfluß zu konstatieren ist. Die in letzter Zeit zahlreich erscheinenden Handbücher für die Erdölgeologie behandeln die praktischen Beobachtungsfragen nur im allgemeinen. (Praktisch sind ihre sporadischen Ratschläge gar wenig anwendbar.) Was die Terrainarbeit, speziell für den Anfänger, anbelangt, so wären manche Ratschläge vom theoretisch sonst nicht unangreifbaren Buche C. Craigs „Oil Finding“ zu entnehmen. Im wesentlichen unterscheiden sich diese Aufgaben wenig von den die allgemeine topogeologische und geologisch-kartographische Praxis behandelnden Büchern (z. B. von O. Stutzer „Geologisches Kartieren und Prospektieren“ und von F. Schöndorf „Verwertung geologischer Karten und Profile“). Was die reine Erdölgeologie anbelangt, ist ein erstklassiges und gegenwärtig das neueste Handbuch in bezug auf das verwendete Material und die persönliche Erfahrung des Verfassers Prof. Ing. K. Bohdanowitsch¹⁾ zu zitieren (u. d. T. „Die Erdölterrains und Lagerstätten“), wo das Angewandte der Erdölgeologie weithin berücksichtigt worden ist. Das zitierte Handbuch erschöpft aber die Aufgaben eines Erdölgeologen nicht. Diese werden am umfangreichsten

¹⁾ Das Buch ist gegenwärtig nur in polnischer Sprache veröffentlicht worden. Warschau 1923. Aufl. v. Gebr. Nobel. Zuerst wurde es russisch als ein kleines Handbuch gedruckt (1919).

in einem anderen, für rein technische Zwecke zusammengestellten Handbuche bearbeitet und kommentiert. Es ist das Werk von A. W. Ambrose „Underground conditions in Oil Fields“ (Auflage von „Bureau of Mines“ Bull. 195. Washington U. S. A. 1921). Diese zwei Werke, das von Bohdanowitsch und das von Ambrose machen erst zusammen ein komplettes Kompendium, welches dem Erdölgeologieädepten seine Aufgabe wirklich erleichtert. Außerdem sind gegenwärtig, also seitdem die „Underground Conditions“ erschienen sind²⁾, unzählige Neuerungen bekannt geworden, die teils in den weiteren Bulletins des „Bureau of Mines“, teils in der Zeitschrift „Economic Geology“ veröffentlicht worden sind. Der siegreiche Zug, den die Uebersetzung des Ambroseschen Buches in Rußland (ersch. Anfang 1923) gemacht hat, hat seine Ursache nicht nur in der Vollständigkeit mit der Ambrose sein Thema behandelt, sondern auch, daß dort (Baku und Grosny) analoge Methoden ausgearbeitet wurden, deren Resultate sich als höchst ergiebig für das weitere Mitwirken des Geologen und des Bohrtechnikers gezeigt haben.

Gegenwärtig ist ein stetiger Fortschritt sowohl in den einfachsten Untersuchungsmethoden selbst, als auch in ihrer Registrierung vorauszusehen. Die Ergiebigkeit eines vielseitigen Untersuchens des geförderten Materials für rein industrielle Zwecke ist seit langem nicht zu bezweifeln. Unsere Aufgabe wäre demgemäß erleichtert, wobei nicht ohne Bedeutung ist, den gegenseitigen Zusammenhang allerlei Probleme kennen zu lernen, um sich in diesem Fortschritt und dessen Perspektiven weitaus orientieren zu können.

²⁾ Der beim ersten Anblick zu erfassende Nachteil des Ambroseschen Buches besteht darin, daß dort nur die einfachsten Typen der Erdöllagerstruktur behandelt werden.

I.

Einiges über geologische Gutachten.

Forschungsmethoden der für praktische Zwecke angewandten Geologie.

Es möchte als überflüssig scheinen, hier über die Terrainarbeitsprobleme, die doch vollständig bekannt sind, zu sprechen. — Es handelt sich freilich nur um eine gewöhnliche, mehr oder weniger komplizierte und mehr oder weniger genaue geologische Aufnahme. — Doch bleibt hier noch einiges zu bemerken, nämlich in bezug auf die Genauigkeitsperspektiven, die in verschiedenen Fällen gar variabel erscheinen und deren Beziehung nicht immer genügend klar aufgefaßt wird.

Quantitative geologische Terrainaufnahme. Es ist nicht gleichgültig, daß sich eine, für Montanzwecke zu unternehmende Spezialaufnahme manchmal im wesentlichen von einer rein wissenschaftlichen unterscheidet. Es wird nämlich hier auf dergleichen Details die Aufmerksamkeit gelenkt, die für eine gewöhnliche geologische Aufnahme gar wenig Bedeutung besitzt. Es handelt sich erstens um eine quantitative Untersuchung der Schichtenmächtigkeiten, wobei auch eine äußerst genaue topographische Aufnahme erforderlich ist. Die letztere darf nie fehlen, wenn nachher eine Bohrung beabsichtigt wird.

Eine Aufnahme im Maßstabe von 1:5000 ist ausreichend in bezug auf das Kartieren aller existieren-

den oder anzulegenden Bohrlöcher. Bei verwickelt gebauten Terrains ist eine zentimetergenaue Nivellierung nicht unbedingt notwendig. Bei flach gewölbten Sätteln ist diese, wie die Erfahrung zeigt, von einer nie zu verkennenden Bedeutung. Wenn man sich aber zu einer tachymetrischen großmaßstäbigen Aufnahme entschlossen hat, so besitzt es keine Bedeutung, ob diese Arbeit mehr oder weniger genau ausgeführt worden ist. Was aber ein einfaches topogeologisches Kartieren anbelangt, steht die Sache nicht so einfach, wenn uns auch eine gute topographische Karte zur Verfügung stehen mag. In manchen Fällen wird das Instrument unentbehrlich, nämlich, wenn wir mit völlig flachen Terrainpartien zu tun haben, wo die zu registrierenden Aufschlüsse gefalteter Schichten vorhanden sind. Dies ist aber eine ziemlich seltene Erscheinung, die nur bei Wüstenklima zu beobachten ist. Selbstverständlich braucht das Korrigieren wenig genauer topographischer Karten keine nähere Besprechung. Auch indirekt ist eine gute großmaßstäbige genaue Aufnahme von hoher Bedeutung. Es muß dabei aber berücksichtigt werden, daß das Aufnehmen selbst bei stetiger Anwesenheit des Geologen durchgeführt werden muß, damit also die Instrumentaufnahme nie ohne des Forschers Aufsicht gelassen sei. Ein jeder, der eine gewöhnliche topogeologische Aufnahme mit dem Tachymeter einmal gemacht hat, konnte sich ohne Zweifel überzeugen, wie vorteilhaft die Anwesenheit des Instrumentes auf die Genauigkeit unserer Messungen wirkt. Kein Quadratfuß des Terrains wird auf diese Weise übersehen, wobei uns das Instrument automatisch zu Hilfe kommt.

Andererseits wäre es doch übertrieben zu meinen, daß uns eine besonders genaue Detailaufnahme von einem tektonisch verwickelten Revier mehr zu liefern vermag, als eine bloße Beobachtung. Das Mitwirken eines Tachymeters steigert nur die Registrierungs-genauigkeit, ist aber nicht imstande, uns mehr als die Natur darbietet, zu liefern.

Gleichwie es überflüssig scheinen mag zu betonen,

wäre es nicht zu verschweigen, wie eine größere Zahl der Entblößungen mehr Genauigkeit von der Aufnahme erfordert. Ein treffliches Beispiel ist in den Erdölterrains im Wüstenklima zu ersehen, deren Aufnahmen uns ein Bild der Terrainstruktur und Stratigraphie mit unbegrenzter Genauigkeit zu geben vermögen. Denn hier wird das nie zu übersehbare Ziel, alles, was uns die Erforschung der Terrainoberfläche geben kann, aufs genaueste auf die Karte einzutragen, vor Augen gestellt, um damit alle Unsicherheit, mit der ein jedes im unerforschten Terrain zu unternehmendes Bohren verknüpft ist, vermindert werde.

Nicht voraussehbare Störungen, die erst beim Bohren zu entdecken sind.

Diese Unsicherheit, die eine Bohrung in dergleichen Bedingungen bedroht, ist aber nicht gänzlich zu beseitigen. Es sei erlaubt, einige Beispiele unerwarteter Störungen zu erwähnen. So sehen wir in Binagady bei Baku³⁾, daß, wie auch in anderen dortigen Terrains, die Mächtigkeit mancher Schichten gegen die Peripherie beträchtlich steigt, wobei die Oberfläche des Liegenden (pontische Stufe) unregelmäßig erodiert erscheint. In jedem einzelnen Fall ist diese Tatsache erst beim Bohren zu konstatieren und keineswegs bei der oberflächlichen Terrainuntersuchung zu bestimmen. Dabei wäre zu bemerken, daß uns dort äußerst vollständige Schichtenentblößungen zur Verfügung stehen. Analoges wäre auch in anderen Oelfeldern sehr oft zu konstatieren, wenn wir einmal mit stratigraphischen Schichtungsstörungen zu tun haben.

Auch in rein tektonischer Hinsicht wäre hier viel über solche Fälle zu bemerken, die derart unregelmäßig und wechselnd zum Vorschein kommen, daß oft keine Rede über das von vornherein zu Bestimmende sein kann. (Es trifft am meisten in den Ter-

³⁾ Vgl. Petroleum Nr. 8, 1925.

rains, wo die Faltung und die Schichtenbildung parallel stattgefunden haben, zu.)

Wie wir schon von vornherein bemerkt haben, ist hier über die mehr einfach gebauten Terrainpartien die Rede gewesen. Demungeachtet birgt auch diese Einfachheit so viel Unerwartetes in sich, man kann sich vorstellen, wie es sich mit den kompliziert gebauten Gebirgssystemen verhält. Hier wären besonders die Oellagerstätten in den Karpathen zu erwähnen. Doch kann es nicht verschwiegen werden, daß diese und jene Störungen, welche uns so oft unerwartet überraschen, bei regionalen und vergleichenden Terrainstudien sicher klarzulegen wären.

Vergleichende Terrainstudien.

Daraus ergibt sich noch eine Regel, daß eine Terrainexpertise erst dann gute Resultate geben kann, wenn wir, bevor in einem Terrain zu bohren begonnen wird, eine möglichst weite Strecke derart untersuchen, daß uns, wenn möglich, keine Einzelheit der Schichtenlagerung und der Sattelstruktur unbekannt bleibt. Gewisse Strukturformen wiederholen sich in gewissen Faltsystemen — wenn man ein Problem nicht direkt zu lösen vermag, so ist es „per analogiam“ manchmal sehr bequem und sicher zu erklären. — In dieser Beziehung schreitet die reine Wissenschaft sehr nahe der angewandten.

Das Feststellen der Oelsättigung der Schichten.

Abgesehen von einem knapp tektonisch-geologischen Gutachten und dessen Genauigkeit in bezug auf nicht voräussehbare Schichtenstörungen, sollen wir nicht versäumen, unsere Aufmerksamkeit noch auf manche höchst wichtige Einzelheiten zu lenken. Es ist nämlich die Oelsättigung. Diese wurde auf Grund bisheriger Erfahrungen als sehr mannigfältig anerkannt. Die Sättigung wechselt nicht nur dem variierenden Schichtungstypus gemäß, sondern ist ihre

Verbreitung in einem gewissen Horizont auch oft willkürlich. Dergleichen Unregelmäßigkeiten können negativ als auch positiv aus dem Bohrerfolg resultieren. Man kennt Bohrungen, die sonst von vornherein gut projektiert wurden und auf Mißerfolge gestoßen haben, nur infolge einer ungleichmäßigen Sättigung und umgekehrt, in den Schichten, wo kein Erdöl zu erwarten war, beträchtliche Mengen desselben gefunden wurden. Obwohl eine genaue Kenntnis solcher Bedingungen erst nach mehreren Bohrversuchen zu Tage tritt, erlaubt hier doch ein vergleichendes Studium der ölspeichernden Beschaffenheiten des Schichtenprofils ziemlich viel in bezug auf die künftige Ausbeute vor auszusehen.

Chemische Untersuchung der Solquellen.

Es wäre hier zweckmäßig, auf eine chemische Untersuchung der in manchen Revieren oft zum Vorschein kommenden Solquellen die Aufmerksamkeit des Lesers zu lenken. Diese stehen immer im engsten Zusammenhang mit unterirdischen sogenannten Tiefenwässern (näheres im Kapitel III). Wenn man die Anwesenheit gewisser Typen auf der Oberfläche konstatiert hat, so ist es möglich, die Ursache dessen zu erklären. Dies steht oft mit Verwerfungen, Spalten usw. im Zusammenhang und ist imstande, uns technisch wichtige Strukturmerkmale zu verraten.

Das Zusammenstellen der geologischen Berichte.

Beim Zusammenstellen eines geologischen Berichtes ist nie die Tatsache zu unterschätzen, daß das geologische Gutachten in die Hände eines Erdölindustriellen, also einer Persönlichkeit, die meist wenig in der Geologie bewandert ist, gelangt. Wenn dabei sonst richtige Bemerkungen des Experten zu jeglichen Mißverständnissen führen, so wäre hier nicht die Ignoranz der Verwaltung, sondern eher die unge-

nügend plastische oder sozusagen gemeinverständliche Art und Weise der Berichterstattung des Experten anzuklagen. Denn es ist nie zu vergessen, daß dasjenige, was dem Geologen größtenteils ganz klar ist und keine weitere Erklärung braucht, dem Industriellen selten so klar erscheint⁴⁾.

Dabei läßt sich als sehr charakteristisch ein Merkmal kennen, daß ein beträchtlicher Teil der geologischen Erscheinungen, die für einen Geologen wichtig, maßgebend und demgemäß interessant sind, für die angewandten Zwecke eher untergeordnet erscheinen. Wichtig wären eigentlich nur die Endresultate, welche möglichst deutlich und quantitativ zusammengestellt sein müssen. Und da es sich hier um Leser handelt, die größtenteils von der Geologie wenig verstehen, so ist es von Bedeutung, daß der Bericht mit einer möglichst großen Anzahl von Zeichnungen und plastisch konstruierten Skizzen illustriert werde.

Die Veranschaulichung der Berichte vermittels der Zeichnungen und photographischen Aufnahmen.

Da es sich aber um Karten- und Profillesen handelt, woraus mehrere Einzelheiten, wie in erster Reihe verschiedene Bohrprojekte zu entnehmen sind, so muß hier möglichst viel nicht nur prinzipiell verständlich gemacht werden, sondern soll auch nie vergessen werden, daß der Zusammenhang der Zeichnungen mit dem Terrain plastisch im Berichte vorgestellt wird. In dieser Beziehung ist ungemein viel vermittels guter photographischer Aufnahmen (z. B. weitwinkliger Panoramenaufnahmen) zu erreichen, die von entsprechenden Bemerkungen begleitet, verschiedene, schwer verständliche Terrainverhältnisse erklä-

⁴⁾ In dieser Beziehung sind die Bemerkungen Mr. E. L. de Golyers zu merken, die von ihm (Econ. Geology XIX. s. Ang. 1924) im Artikel „What is an Economic Geologist“ großartig formuliert worden sind.

ren und allerlei unnütze Diskussion entbehrlich machen.

Die Benutzung von Flugforschungen für geologische Zwecke.

Da wir über die Photographie zu reden begonnen haben, so wäre hier die Bedeutung der Flugforschungen zu erwähnen. Obwohl diese nur sporadisch angewandt werden, verdienen sie doch eine nähere Besprechung, da wir, dank der Anwendung von Flugzeugphotographien, manchmal zu großartigen Erfolgen gelangen⁵⁾ Ihre Anwendung wurde von mir in einer Wüstenlandschaft und für die Untersuchung der Schlammvulkane im Flachseelittoral angewandt, doch ist manches auch für die mitteleuropäischen Klimabedingungen zu entnehmen. Es handelt sich mehr oder weniger um eine regelmäßige photogrammetrische Flugaufnahme. Ein gewöhnliches Photographieren mit Hilfe eines Flugzeuges kann viel Synthetisches mit sich bringen.

Wenn die Terrainstruktur verwickelt ist, wobei uns die Landschaft selbst die Gelegenheit einer Uebersicht nicht erlaubt, so müssen wir, um alle Einzelheiten in ihrem gegenseitigen Zusammenhang zu erforschen, zuerst auf Grund einer langwierigen Terrainaufnahme eine geologische Karte herstellen. So ist es zum Beispiel mit den Entblößungen in einer Wüstenlandschaft. Diese verursachen oft ein charakteristisches Vorkommen von streifigen Entblößungsflächen, die nicht nur in gebirgigen Terrains, sondern auch in geebneten Flächen zu beobachten sind. Diese Merkmale gehen oft bei gewöhnlicher Terrainfor-

⁵⁾ Vergl. St. Zuber, Lwów 1925, Denkschrift zu Ehren Prof. E. Romer, Avion appliqué aux travaux géologiques. Auch Berichte über die Flugforschungen auf den Gestaden des Kaspisees. (Ersch. russisch, Baku Aserb. Nepht. Khosiays-two 1923, Nr. 1 und 5.) Eine umfangreiche Besprechung mit Angabe von Aufnahmen befindet sich im Monatshefte „The Petroleum World“ (April 1925) und „Oil News“ March 28 th. 1925).

schung verloren, was gewissermaßen den dem Wüstenklima ganz typischen Bedingungen zu verdanken wäre. Und es ergibt sich bei den Flugforschungen, daß dergleichen Schichtenstreifen sehr oft von der Höhe von einigen hundert Metern großartig zu unterscheiden und sogar zu untersuchen sind.

Eine jede Landschaft, abgesehen davon, ob es eine Wüste ist oder nicht, besitzt immer Merkmale, die ihr eigentümlich sind. Um diese kennen zu lernen, ist es unbedingt notwendig, sich einen entsprechenden synthetischen Ueberblick zu schaffen, wofür ein Flugzeug sehr gut geeignet ist. Bei einer solchen Fluguntersuchung nämlich liegt vor den Augen des Beobachters das von ihm vorher ziemlich genau untersuchte Terrain (es ist eine Bedingung, „sine qua non“, daß man, um sich beim raschen Ueberfliegen genügend zu orientieren, mit dem Terrain sich vorher gut bekannt macht) wie ein riesiges Modell, wo man den wahren Zusammenhang der Strukturelemente studieren und für künftige Problemstellung am besten Material sammeln kann. Die Analyse von Flugaufnahmen und das Aufsuchen der auf der Platte gewonnenen Einheiten erfordert eine genaue Kenntnis des Terrains. Und es unterliegt keinem Zweifel, daß bei der Anwendung des Flugzeuges sehr viel Zeit erspart und unsere Arbeit weit vielseitiger und vollkommener wird.

Es sind Fälle bekannt, wo eine Flugaufnahme unentbehrlich erscheint, nämlich, wenn es sich um Kenntnis der Erdöllagerstätten, die knapp an den Meerestgestaden gelegen, zum Teil sich unter Wasser befinden, handelt. Einige solche Fälle sind an den Gestaden des Kaspisees zu beobachten. Doch sind dergleichen Beobachtungen mehr sporadisch, also den Bedingungen nach, anwendbar. In dieser Beziehung wäre noch viel zu erwarten.

Abgesehen davon, daß die Flugstudien vieles Suchen ersparen und die künftigen Ergebnisse großartig erweitern, sind sie für praktische Zwecke auch für gewöhnliche flugphotographische Landschaftsaufnahmen von Bedeutung, und zwar in bezug auf das Illustrations-

material für die etwaigen Berichte. Besonders interessant und plastisch wird die Darstellung der Strukturisolaten vermittels ihrer Aufzeichnung an der photographischen Aufnahme gemacht. Um gut geeignete Aufnahmen herstellen zu können und überhaupt bei den Flugforschungen reichliches und vielseitiges Material zu sammeln, ist es höchst ratsam, die aufzunehmenden Objekte bei verschiedener Beleuchtung in Sicht zu bekommen. Die ergiebigsten sind die Aufnahmen der von den schiefefallenden Strahlen beleuchteten Terrainpartien. Abgesehen davon, daß unergleichen Studien manche bisher noch unbekannt Einzelheiten aufklären können, ist die Tatsache wichtig, daß wir hier ganz unabhängig von den jeglichen Terrainbeschaffenheiten arbeiten können. Denn die interessantesten Gelände, was ein jeder photographierender Geologe aus seiner eigenen Erfahrung gut weiß, sind oft gar schwierig auf die Platte zu bekommen.

Alles, was über die verschiedene Art und Weise des Photographierens erörtert worden ist, wird bei geologischen Detailaufnahmen schon längst angewendet. Hier handelt es sich nur darum, dessen Ergiebigkeit bei der Erdölexpertise zu zeigen und damit die praktische Wichtigkeit derselben zur allgemeinen Anerkennung zu bringen.

Allgemeine Bemerkungen.

Damit wären im großen und ganzen die Postulate der Terrainforschung ziemlich erschöpft. Wie es dem Leser wahrscheinlich schon klar vor Augen liegt, sind die Resultate derselben nur annäherungsweise maßgebend. Je genauer und vielseitiger die Untersuchung vollzogen werden konnte, desto geringer wird die Möglichkeit jeglicher Ueberraschungen. Doch ist es nicht zu verleugnen, daß man erst auf wirklich festem Boden stehen kann, wenn unsere Vermutungen dank des Bohrers bestätigt worden sind.

Denn, wie es dem Ohre manches Geologen auch sonderbar klingen mag, ist die Stimme des Bohrmei-

Bels für die fast einzig autoritative zu halten. Ja, die Erfahrung lehrt uns, daß eben der Bohrmeißel (nicht der Bohrmeister) der beste Geologe ist. Dabei soll aber nicht verschwiegen werden, daß nur der Geologe diese Stimme seines „sui generis“ Kollegen zu verstehen und zu kommentieren berufen ist. Wie es zu vollführen wäre, wird zum Gegenstand für die nächsten Kapitel dieses Aufsatzes.

II.

Die Verwertung der alten Bohrjournale.

Allerlei alte Bohrjournale, Profile, ferner verschiedene flüchtige Angaben werden sehr oft unterschätzt, sogar nicht geprüft, da sie von vornherein nicht nur als unvollständig, sondern auch als förmlich wertlos betrachtet werden. Das ist eine Ansicht, die sich „a priori“ gebildet hat. Gegenwärtig wäre die Frage zu erwägen, wie sich die Sache „a posteriori“ darstellt.

Die Nachteile der alten Bohrjournale.

Die Verweisung der alten Bohrjournale geschieht am meisten aus dem Grunde, daß die Tiefen wie die Angaben über Gesteinsarten unvollständig, unsystematisch zusammengestellt sind und demnach wenig glaubwürdig scheinen. Dasselbe, in noch ernsterer Weise wäre über den technischen Teil des Journals zu bemerken. Manchmal ist es nicht die Ungenauigkeit, sondern die Spärlichkeit der Angaben, die meistens Mißbilligung erregt.

Verwertbare Angaben über die Schichtenmerkmale.

Wenn wir aber die Schichtenmerkmale speziell in bezug auf ihr Verhalten beim Bohren betrachten, so ist es keineswegs zu verleugnen, daß diejenigen,

die wirklich charakteristisch sind, gar wenig tief-sinnige Studien erfordern. So lassen sich die Konsistenz der Schichten (Sand, Sandstein, kalksteinhaltige mergelige Schichten, Schiefer, Tonschiefer und Tone) wie auch ihre Farbe (grau, grünlich, bläulich, dunkelgrau bis schwarz, gelb, braun, rot usw.) doch ohne jeden Beistand erkennen. Wenn nur der Schichtenwechsel gewissenhaft notiert worden ist, so lassen sich daraus alle wichtigen Leithorizonte („Key-beds“ der amerikanischen Geologen) einwandfrei feststellen. Und wenn man sich noch die Mühe gibt, die oft äußerst interessanten Bemerkungen der Bohrmeister, die eine ganz eigenartig scharfsinnige Beobachtungsgenauigkeit zeigen, nicht zu übergehen, so muß man gestehen, daß, wenn wir auch in unserer modernen Untersuchungsweise viel weiter progressiert haben, unsere Profile doch in praktischer Hinsicht ziemlich wenig einem guten alten Bohrprofil voranstehen.

Die Aufgabe, ein gutes Bohrprofil von einem schlechten zu unterscheiden.

Nun entsteht eine Frage und nämlich die, wie ein gutes Bohrprofil von einem schlechten zu unterscheiden wäre. Denn es unterliegt keinem Zweifel, daß in manchen alten Journalen sogar absichtlich gelogen wurde. Also wie ist das Kriterium zu suchen, um zu entscheiden, was gut und richtig und was unwissend fehlerhaft oder verfälscht zu betrachten ist?

Die Wichtigkeit, alle Angaben zuerst aufzuzeichnen und nachher zu analysieren.

Die erste Bedingung, um sich kritisch im Material zu orientieren, beruht auf dem kompletten Aufzeichnen aller Angaben, sowohl des geologischen, wie auch des technischen Inhalts. Wir werden noch später Gelegenheit haben, über das Gesamte der graphischen Methoden zu sprechen. Hier genügt es, nur dieser Bedingung zu erwähnen. Wir tun das absichtlich, denn

es trifft leider noch jetzt zu, daß sich der Geologe mit einem schriftlichen Auszug aus dem Bohrjournal begnügt, wobei er manchmal nur einige Tiefen, die ihm als die wichtigsten aufgefallen sind, zu notieren sucht. Bei einem gelegentlichen Aufzeichnen versucht er oft die Ergebnisse von vornherein schematisiert darzustellen. Auf diese Weise beraubt sich der Beobachter der Möglichkeit, das Bohrprofil eingehend und kritisch zu untersuchen. Es verdient dabei hervorgehoben zu werden, daß man hier nicht selten den allerlei Erscheinungen, die mit dem Erdölvortreten verknüpft sind, allzuviel Aufmerksamkeit zur Ungun-
st der Schichtenverhältnisse gewidmet hat. Eine Aufzeichnung, ohne die kleinsten Einzelheiten zu vermissen, in einem speziell für die Terrainbedingungen gewählten Maßstabe erlaubt erst, die Bohrprofile miteinander zu vergleichen. Nur auf diese Weise wird dieses kostbare Dokument, welches ein jedes Bohrjournal für den Geologen ist, aufs vollständigste ausgenützt.

Zur Verwertung der Exploitationsangaben.

Es trifft nicht selten zu, daß das alte Material sich nur auf spärliche Exploitationsangaben usw. beschränkt. Es wird wirklich zu einem Kunststück, daraus etwas Verwertbares herauszubekommen. Wenn man dergleichen Angaben laut den eingehenden Terrainstudien (selbstverständlich nach einem vorherigen Aufzeichnen der Daten) untersucht, können uns manche Merkmale den Mangel am geologischen Bohrprofil ersetzen.

Die Analyse des aufgezeichneten Bohrprofils.

Nachdem das Profil aufgezeichnet worden ist, können wir uns leicht überzeugen, ob es überhaupt glaubwürdig scheint und was daraus zu entnehmen wäre. In dieser Richtung sind gegenseitige Beziehungen der Schichten zu nennen. Einzelne Schichten,

mit Ausnahme der speziell charakteristischen (wie z. B. die farbigen Tone), wiederholen sich eher selten in direktem Sinne des Wortes, verschiedene Schichtensuiten aber sind größtenteils leicht herauszufinden. Diese und jene Analogien der Schichtenfolgen, welche manchmal unglaublich klar hervortreten, sind der beste Beweis in dieser Beziehung. Wir sind jedoch bei weitem nicht immer imstande, die Bohrprofile mit denjenigen, die wir auf der Oberfläche kennen gelernt haben, zu vergleichen. Wenn wir aber erwägen, daß zwischen diesen zwei Typen sehr oft bei normalster Sattelstruktur beträchtliche Differenzen existieren, so ist hier nur eine allgemeine, selbstverständlich möglichst quantitative Kenntnis des Profils erforderlich, um aus dem Bohrjournal alle wichtigen Angaben herausfinden zu können.

Außer den Fällen gänzlich zusammenstimmender Profile existieren noch glaubwürdige Profile, die entweder teilweise oder gar nicht übereinstimmen. Die Analyse wird hier nicht so einfach, wie es im ersteren Fall scheint und bietet hier oft beträchtliche Schwierigkeiten. Ohne in diese Verwicklungen näher einzugehen, wären folgende Fälle zu erwähnen:

a) Die Unregelmäßigkeiten sind charakteristisch und weisen etliche tektonische Störungen auf. Wichtige Anzeigen dafür sind manchmal im technischen Profil zu finden. Röhrendrücken, Schichtenrutschungen und allerlei Störungen beim Bohren, wenn sie notiert worden sind, sind dabei von erstklassiger Bedeutung.

b) Die unregelmäßigen und als zweifelhaft zu betrachtenden Profile lassen sich in Gruppen klassifizieren, deren Analogien uns manchen Beweis für vermutete Störungen geben.

c) Die Beziehung anormaler Profile zu den leicht mit den anderen vergleichbaren läßt sich auf Grund der gegenseitigen Vergleiche feststellen, wodurch die Glaubwürdigkeit des Profils indirekt bestätigt wird.

Und es zeigt sich als maßgebend, daß in den meisten Fällen fast kein derartiges Bohrprofil vorgewiesen

werden kann. Die Fälle, wo diese absichtlich gefälscht wurden, sind eher selten und bei einigem Scharfsinn ist dies auch ohne eingehende Analyse zu entdecken. Diese Aufgabe wird erleichtert, wenn uns im Terrain nebst alten Bohrungen auch neue zur Verfügung stehen. Die Anwesenheit der letztgenannten erschafft oft unser Interesse für die Untersuchung des alten Materials, was größtenteils nicht zu Gunsten unserer Forschungen herauskommt, da sich diese als wenig maßgebend betrachteten Dokumente beim Strukturkartenzusammenstellen als unentbehrlich zeigen und uns über die noch unbekanntes wichtigen Einzelheiten aufklären können.

Die Untersuchung der alten Bohrjournale in kaukasischen Oelrevieren.

In dieser Beziehung wurde ungemein viel in den kaukasischen Erdöllagerstätten geleistet. Tausende alter Bohrjournale werden auf genaueste Weise aufgezeichnet und hierauf von den Geologen untersucht, was oft zu unerwarteten Resultaten führt. Dem Verfasser, der die Gelegenheit gehabt hat, an dieser Arbeit teilzunehmen, wie auch selbständige Analyse⁶⁾ mehrerer Hunderte von Profilen durchzuführen, scheint es als besonders wichtig, noch einmal zu betonen, wie eine derartige Untersuchung auch bei Anwesenheit eines alten und scheinbar wenig glaubwürdigen Materials zu festen und zu unzweifelhaft einstimmanden Ergebnissen führen kann. Selbstverständlich sind solche Bedingungen, wo sich auf kleinen Terrainpartien eine beträchtliche Anzahl von Bohrungen befindet, ziemlich schwer zu finden. Doch in mehr komplizierten Terrains, wie es zum Beispiel in den Karpäthen der Fall ist, sind auch die miteinander harmonisieren-

⁶⁾ Vgl. Geologische Forschungen im Binagady Erdölterrain. (Russisch) Baku 1924. Auch Petroleum 1925, Nr. 8. Einige Einzelheiten dieser Resultate über Insel Tscheleken und das Erdölrevier von Balachany sind im Aserbaydsch. Nepht. Khosiastwo (Baku) im Jahre 1920 und 1921 gedruckt worden.

den Veränderungen des Profils oft sehr klar nach dem alten Bohrmaterial nachzuweisen.

Welche alten Bohrjournale sind die besten.

Um unsere Bemerkungen zu endigen, wäre noch eine ziemlich überraschende Tatsache nicht zu verschweigen. Es wird vielleicht interessieren, welches die besten und die am einwandfreiesten ausnützbaren Profile sind. Es ist selbstverständlich nur die Rede von dem alten Material. Die besten sind nämlich diejenigen, wo die Bohrmeister automatisch den Schichtungswechsel registriert haben, ohne die „halb-“ oder „viertel-wissenschaftliche“ Nomenklatur einzufügen und sich damit ihre eigenartige unmittelbare, größtenteils richtige Art und Weise des Beobachtens auf Irrwege zu leiten. Es wäre vielleicht von Wichtigkeit, wenn alte erfahrene Bohrmeister zur Verfügung stünden, die ihre Meinung über manche, einst von ihnen bemerkten Erscheinungen zur Kenntnis brächten. Wenn noch dabei eine genaue, klare Zeichnung zu Hilfe käme, wird diese Mühe stets belohnt.

III.

Moderne Methoden des geologischen Datensammelns.

Die Nachteile des einfachen Probensammelns.

Es wird überall so viel über das Probensammeln gesprochen, daß es fast überflüssig ist, die Frage prinzipiell zu erörtern. Auch ist es zu konstatieren, daß diese Hauptaufgabe in Beziehung auf die geologische Erforschung des Terrains vollkommen anerkannt ist, und daß das Probensammeln von den Bohrmeistern gegenwärtig selten unterlassen wird. Damit wäre aber das Problem des direkten Profilszusammenstellens keineswegs erschöpft und das jetzt als anerkannt zu betrachtende System läßt manchmal deutlich sich hervorhebende Schattenseiten erblicken, und zwar genügt das einfache Probensammeln gar nicht, da außer diesem noch ungemein viel zu tun bleibt. Auch ist nicht zu verleugnen, daß dort, wo dank der Einführung des Sammelns von Proben, die ausschließlich vermittels des Bohrkernes erhalten werden, die Kenntnis des Profils ziemlich einseitig gemacht wurde. Wenn man nur sorgfältig die Kernproben sammeln möchte, so bekämen wir in Wirklichkeit nur einige Prozente der ganzen Profillänge, was bei wechselnder Schichtenlagerung nicht als genügend zu betrachten wäre.

Bohrkernproben- und Bohrlöffel- materialsammeln.

Um diese Lücke auszufüllen, ist außer den Bohrkernproben auch ein stetiges Sammeln des durch die

Bohrlöffel und den Meißel aufgebrachtens Materials durchzuführen. Wenn uns der Bohrkern nur kleine Abschnitte des Profils aufklären kann, so gibt erst eine parallele Untersuchung größerer Mengen abgelöffelter Gesteine mit den Kernproben ein vollkommenes Bild der Schichten. Es handelt sich hier größtenteils um die Feststellung mittleren Charakters einer jeden Schichtenfolge. Das Bild wird am genauesten, wenn auf dem einigermaßen verworrenen Grund der Löffelschlammnotierungen nette Kernprobenpartien hervortreten.

Bezeichnung von Bohrproben.

Es versteht sich von selbst, daß, wenn man die Bohrproben bezeichnet, diese Tätigkeit die größte Sorgfalt erfordert.⁷⁾ Gegenwärtig wird dies weit und breit angewandt und man kann bemerken, daß die alte Art und Weise des einfachen Bezeichnens der Proben dadurch fast gänzlich verdrängt wurde. Diese Genauigkeit, obwohl sie prinzipiell genügend begründet ist, weist auch manchen Nachteil auf, dessen Ursache größtenteils in einem Uebereifer von seiten des Beobachters liegt. So werden verschiedene Gesteine in den Bohrjournalen auf eine umfangreiche Weise beschrieben, wobei nicht das geringste Merkmal vermißt wird. Es werden nämlich die Korngröße, der Tongehalt, die Härte, alle Farbnuancen usw. sehr genau bezeichnet. Nun ist das Notieren aller dieser Einzelheiten keineswegs als unnötig zu betrachten — eine genaue, nicht nur makroskopisch oberflächliche, sondern eine wirklich eingehende Untersuchung hat oft die größten Dienste geleistet. Dabei vergessen aber die Beobachter in ihrem analysierenden Eifer, mit was für Gebilden sie zu tun haben. Alle die flysch- und molasseartigen Ge-

⁷⁾ Bei Bezeichnung von Sandproben leistet uns eine Binokularlupe manchmal unschätzbaren Dienst. Bei ihrer Anwendung können große Mengen von Gestein auf einmal untersucht werden. Das Bild ist plastisch, wobei keine Formdifferenz der Sandkörner unbemerkt bleibt.

steine zeichnen sich selten durch deutlich ausgeprägte Merkmale aus. Wenn sie auch vom ersten Anblick an als diese oder jene bezeichnet werden können, so treten sogleich die größten Schwierigkeiten hervor, allerlei Uebergangsstufen, die sowohl im allgemeinen Habitus, wie auch in den Einzelheiten zu beobachten sind, verhindern uns zu unterscheiden, was wirklich wichtig und charakteristisch und was eher unbedeutend ist. Dabei taucht noch die Schwierigkeit auf, daß manche Merkmale, die in gewissen Schichtenpartien als zurücktretend zu konstatieren sind, in nächster Nachbarschaft zu erstklassigen werden. Wenn man ins Auge faßt, daß wenigstens die Hälfte der Gesteine, in denen das Erdölbohren stattfindet, Uebergangsformen bildet, so ist es zu ersehen, wieviel achtgegeben werden muß, um sich bei der Untersuchung aller Gemengteile nicht zu verlieren. Wenn dies einmal passiert, so wird dem Profil leider all die notwendige Klarheit und das Plastische genommen.

Das Standardisieren der Hauptmerkmale von Gesteinsarten.

Wenn auch manchmal die Existenz der Hauptmerkmale nicht so leicht nachzuweisen ist, so ist doch ihre Existenz nie zu verleugnen. Sogar bei einer lithologisch verworrensten Schichtung ist es nicht unmöglich, nach den Bohrproben ganze Schichtenfolgen und Horizonte auszuscheiden. Darum ist es von Wichtigkeit, die alten einfachen Bezeichnungen der Bohrmeister zu modifizieren, ohne sie aber zu verwerfen. Ein Standardisieren ist immer möglich, und die von der Geologie unbeeinflussten Bezeichnungen, die eigenhändig vom Bohrmeister notiert werden, sind nichts anderes als ein Resultat dieser sich so oft verratenden Tendenz. Wenn diesen kurzen modifizierten Bezeichnungen der Bohrproben eine noch eingehende Beschreibung hinzugefügt würde, so sind wir imstande, uns viel rascher zu orientieren als in den kompli-

zierten und praktisch schwer verwertbaren Beschreibungen.

Das Aufbewahren von Bohrproben.

Wenn mehrere Bohrungen gleichzeitig durchgeführt werden und dabei täglich dem geologischen Bureau eine große Menge von allerlei Grundproben zur Bezeichnung vorgelegt wird, braucht die Untersuchung, welche unmittelbar zu vollführen ist, einen großen Energieaufwand, um mit dem ganzen Material fertig zu werden. Dabei muß ein Teil der Proben aufbewahrt und deutlich etikettiert werden. Obwohl es eher eine administrative Frage ist, so hat die Organisation dieser Arbeit doch eine besonders große wissenschaftliche Bedeutung. Und zwar handelt es sich nicht nur darum, die Untersuchung ununterbrochen zu führen, sondern auch, daß uns das gesammelte Material jeden Moment leicht zugänglich ist. Wer jemals damit zu tun gehabt hat, der kann sich leicht vorstellen, was für Schaden und ungünstige Eventualitäten durch den Mangel an systematischer Behandlung der Proben entstehen könnten.

Schichtenprofiluntersuchung beim Rotary-Bohren.

Das einfache Bohrprobensammeln ist freilich nur bei den stoßenden Bohrsystemen zu vollführen. Mehr kompliziert wird die Frage bei den Systemen, wo das Instrument selten herausgenommen wird, also die Kernproben nur sporadisch zu bekommen sind. Hier wäre das verbreitetste unter allen Spülsystemen, das Rotary-Bohren, zu erwähnen. Obwohl das Probensammeln bei Rotary keineswegs unmöglich ist, so erfordert es jedoch einen großen Zeitverlust und dementsprechend einen für den Unternehmer nicht immer begreiflichen Kostenaufwand. Dieser Nachteil wäre unbedingt auf jede Weise zu beseitigen. Abgesehen von dem ungenauen, fast immer in sporadischer Weise

ausgeführten Kernprobesammeln, bleibt uns eigentlich nur die Untersuchung der vom Bohrloch emporquellenden Spülflüssigkeit. Diese enthält nämlich große Mengen zermalmten Materials, woraus man sich annähernd eine Vorstellung vom geologischen Profil machen kann. Die Beobachtungsgenauigkeit kann bis an eine gewisse Grenze vergrößert werden, wenn man die Lagerungstiefen verschiedener Schichten nach der Zirkulationszeit der Flüssigkeit bestimmt. Wenn man dabei noch verschiedene Nebenerscheinungen, wie z. B. die Absorption der Lehmflüssigkeit, die Geschwindigkeit und alle Nüancen der Bohrung (das „Stoßen“, das „Reißen“, die Geschwindigkeit der Abstumpfung des Meißels usw.) erwägt, so erhalten wir ein ziemlich genaues Rotaryprofil.

Eine derartige Aufgabe ist als nicht allzu schwer zu betrachten, wenn die Schichten mächtige und sich voneinander unterscheidende Komplexe bilden. Wenn aber die Schichten stark wechselnd und in dünnen Zwischenlagen ausgebildet sind, wobei noch außerdem manche Störungen, wie lose oder sogar klaffende Spalten vorkommen, wenn ferner verwickelte Schichtenknickungen oder Ueberschiebungen zu durchbohren sind, wird das Profil in der gleichen Bedingung so verworren, daß es uns so gut als keine Angaben liefert. Diese Schwierigkeit zu beseitigen, eignet sich eine Methode, die zum erstenmal im Jahre 1923 in Baku, und zwar im Surachany Revier, vom Mitarbeiter des Bakuer geologischen Bureaus J. Krzyżkiewicz ausgearbeitet und geprüft wurde. Es handelt sich hier nämlich darum, alle Nebenbeobachtungen zu klassifizieren und sie der Intensität der Erscheinung nach, nebst dem eigentlichen geologischen Profil aufzuzeichnen und so eine Kontrolle und Vervollkommnung des Letzteren zu ermöglichen. Im nächsten Kapitel, bei der Besprechung der Darstellungsmethoden, wird das Rotaryprofil näher erörtert. Hier wäre noch zu erwähnen, daß obwohl eine jede derartige Profilpartie ~~an~~ und für sich selten beweisführend ist, der Komplex einiger Profilstreifen doch zu einer treuen Abbildung

der durchbohrten Schichten führt, was sich praktisch als leicht ausführbar erweist und, was am besten ist, keinen besonderen Zeitverlust erfordert.

Daten über die Flüssigkeiten.

Außer den Beobachtungen, welche das komplette Zusammenstellen des geologischen Profils bezweckt, ist noch die Untersuchung aller Flüssigkeiten, die sich in den Schichten befinden, also der Solgewässer und der Erdöltypen, so in bezug auf deren Regime wie auch auf allerlei physische und chemische Beschaffenheiten, angezeigt. Die größte Aufmerksamkeit ist selbstverständlich dem Solwasser zu widmen. Nicht nur dasjenige Solwasser, das sich durch außerordentlichen reichlichen Zufluß auszeichnet, ist gefährlich und erfordert eine genaue Untersuchung, sondern auch alle Gewässer, die sich während des Bohrens bemerkbar machen, müssen äußerst genau erforscht werden, ohne Rücksicht auf die Reichlichkeit ihres Zuflusses, der sich in verschiedenen Antiklinalpartien oft ändert.

Unter dem Verhalten der Solgewässer sind in erster Reihe die Schwankungen des Wasserniveaus zu verstehen, welche sowohl vom hydrostatischen Druck in den erbohrten Schichten als von der Menge des Wassers in besonderen Wasserhorizonten abhängig sind. Außerdem spielt hier auch eine Rolle der Gasdruck, der imstande ist, große Wassermengen emporzutreiben und heftige Springquellen zu verursachen. In den meisten Erdölrevieren treten die Erdölmengen vor den Wassermengen sehr stark zurück. Demgemäß ist in dieser Beziehung in erster Reihe das gegenseitige Verhalten der Solgewässer zum Erdöl zu studieren, um die Wasserabspernung und alles, was den Kampf mit der Verwässerung betrifft, regelrecht und im Einklang mit dem Wasserregime und mit der geologischen Terrainstruktur zu führen. Es scheint mehr als überflüssig zu sein, näher in die Einzelheiten aller Prozesse, welche mit dem Inhalt des Wassers

in den Erdöllagerstätten verknüpft sind, einzugehen. Die Wasserfrage in bezug auf die geologische Struktur nebst ihren Beziehungen zur Bohrtechnik ist im zitierten Werke von A. W. Ambrose auf eine derart erschöpfende Weise erörtert worden, daß es gar nicht nötig ist, die Sache neuerdings zu wiederholen.

Die chemische Zusammensetzung der Tiefengewässer.

Wie uns die Erfahrung lehrt, besitzen die Solgewässer eines jeden Wasserhorizontes eine charakteristische chemische Zusammensetzung, welche sie von denjenigen, die aus anderen Horizonten stammen, zu unterscheiden erlauben. Auch ist es möglich, die Gemische, mit denen man in manchen verwässerten Bohrlöchern zu tun hat, laut der Analysen als solche zu erkennen und auf diese Weise den Anteil verschiedener Horizonte in der Verwässerung festzustellen.

Die Beziehungen zwischen dem Vorkommen der Solen in Bohrlöchern und der Tektonik der Oelfelder.

In einfach gebauten Terrains ist immer eine regelmäßige Lagerung verschieden zusammengesetzter Solen zu beobachten. Wenn die chemischen Beschaffenheiten aller Solen nebst ihrer stratigraphischen Lagerung in einem Revier gut bekannt sind, so wird gleichzeitig die Konstatierung der Existenz einer streng charakterisierbaren Lösung gleichzeitig zur wichtigen Kontrolle und Vervollkommnung des geologischen Profils. Bei der Anwesenheit von Ueberschiebungen und sonstigen Verwicklungen wird die regelmäßige Verteilung von Solen sehr oft gestört. Die Untersuchung der Solen gewinnt unter solchen Bedingungen an Wichtigkeit, denn hier wird nicht nur der einfache Kampf mit der Verwässerung zur Hauptfrage, sondern auch die etwaige Erklärung mancher Störungen. Diese wird durch die Feststellung der Ur-

sache von allerlei Lagerungsunregelmäßigkeiten der Solen sehr erleichtert.

Analysenschema für Tiefenwässer.

Die chemischen Analysen, deren eine große Anzahl bei systematischer Untersuchung erforderlich ist, erfüllen ihre praktische Aufgabe am besten, wenn sie einfach zusammengestellt sind und sich dementsprechend gut für vergleichende Studien eignen. Laut den Erfahrungen des Bakuer Büreaus⁶⁾ brauchen die Analysen für praktische Zwecke gar nicht allzu detailliert zu sein.

Es ist von Wichtigkeit, daß man die Resultate der Analysen binnen kurzer Zeit zur Verfügung bekommt, um sie beim täglichen Konsultieren anwenden zu können. Selbstverständlich müssen die Solen eines jeden Revieres individuell behandelt werden, wenn man aber einmal zu einem guten und befriedigenden Schema gelangt ist, so genügt es, nach einem einzigen System zu arbeiten, ohne es zu ändern. Wenn man jedoch jegliche Aenderungen einführen wollte, so ist darnach zu trachten, daß sich die neuen vollkommeneren Resultate in ähnliche Diagramme einprägen lassen, damit das alte Material immer vergleichbar bleiben könne.

⁶⁾ Als die geeignetste hat sich folgende Form ergeben: 1. Spez. Gewicht direkt und in Beaumé-Graden ausgedrückt. (Die Grade nach Beaumé eignen sich besonders für ununterbrochene Messungen, wodurch die Aenderung des spez. Gewichtes leichter auch vom ungeschulten Personal zu konstatieren ist.) Für die chemische Zusammensetzung genügt, daß die Mengen verschiedener Salze für 100 ccm Flüssigkeit bestimmt werden, und zwar Kationen Na', Mg'', Ca'' und Anionen wie Cl', SO₄'', CO₃'. Ihre gegenseitige Beziehung, die die wichtigste ist, läßt sich vortrefflich in Diagrammen darstellen. Die Analyse selbst wird einfach und rasch ausführbar gemacht und ist nicht kostspielig. Interessante Fälle, besonders wenn die Zusammensetzung der Solen noch wenig bekannt ist, bedürfen genauerer Analysen. Auch kann in manchen Fällen die Bestimmung von noch weiteren Elementen eingeführt werden (z. B. von Li', J' usw.). Was H₂S anbelangt, so gehört die Sache eher zur Gasanalyse, was noch weiter berücksichtigt werden wird.

Wasserniveaumessungen.

Nun kommen wir an die Frage der Erfüllung aller Postulate, die uns die Wassermessungen darbieten. Beste Anzeichen aller Aenderungen, die während des Bohrens im Wasserregime eintreten (was z. B. unmittelbar nach der Eröffnung neuer Wasserschichten stattfindet), werden uns durch die Niveauschwankungen geliefert. Um die Sicherheit zu bekommen, daß die Sole unmittelbar aus den Schichten stammt, muß man bei schwachem Wasserzufluß die Probe erst dann nehmen, nachdem man sicher geworden ist, daß von der alten Flüssigkeit im Bohrloche keine Spur mehr geblieben ist. Diese Maßregel genügt in dem Fall, wenn wir nur mit einem einzigen Wassertypus zu tun haben. Es versteht sich von selbst, daß bei Eröffnung eines Erdölreviers die wichtigste Frage ist, alle Soltypen nebst allen Varianten festzustellen, um sich nachher in ihren Gemischen zu orientieren und neue Varianten als solche erkennen zu können.

Die Messungen des Niveaus müssen mindestens einmal täglich gemacht werden. Der Beobachter wird sich nach einer kurzen, in einem gegebenen Revier stattgefundenen Praxis selbst orientieren können, welche Resultate für das lokale Wasserregime maßgebend sind.

Die Erdölanzeichen beim Bohren.

Viel einfacher löst sich die Frage in bezug auf die Erscheinungen in betreff des Erdöls. Es handelt sich hier größtenteils um einfache Anzeichen. Die Messungen der Niveauschwankungen bei Vorhandensein größerer Oelmengen gehören eigentlich zu Exploitationsbeobachtungen, worüber noch weiter die Rede sein wird.

Die Gasmessungen.

Die Gasmessungen, welche in manchen Revieren eine ziemlich große Bedeutung besitzen, sind wieder

von einem anderen Standpunkt zu betrachten. Erstens ist das Quantitative aller dieser Beobachtungen viel schwieriger zu erfassen und beim jetzigen Stand der Gasmeßapparatur beim Bohrprozeß fast unerreichbar. Zweitens treten dergleichen Erscheinungen allzu unregelmäßig hervor, damit eine streng systematisch geführte Untersuchung möglich wäre. Einfache Gasanzeigen, die so oft beim Bohren wahrzunehmen sind, spielen eine gar unbedeutende Rolle, wobei sie fast jede Minute Änderungen unterworfen sind. Was die Bohruntersuchungen selbst anbelangt, so sind die Gasausströmungen in dieser Beziehung von Wichtigkeit, da sie die Temperatur in wechselnder Weise beeinflussen. Dergleichen Erscheinungen erschweren unsere Beobachtungsbedingungen, so daß es notwendig erscheint, dieselben ausführlich zu erörtern.

Temperaturmessungen.

In letzter Zeit wird den Temperaturmessungen immer mehr und mehr Aufmerksamkeit zugewendet. Diese werden, so während der Bohrung, wie auch in verlassenen Bohrlöchern, auf verschiedene Weise ausgeführt. Obwohl dabei schon gar beträchtliche Resultate erhalten worden sind, ist die Wichtigkeit dieser Beobachtung noch gar nicht als allgemein anerkannt zu nennen. Der Grund liegt nicht nur darin, daß manche Messungssysteme methodisch nicht genügend begründet sind, sondern auch darin, daß die praktische Wichtigkeit von dergleichen Forschungen den Erdölindustriellen leider noch nicht vollkommen klar geworden ist.

Die geothermische Tiefenstufe.

Es ist interessant zu erfahren, was uns überhaupt die Temperaturmessungen zu geben imstande sind und inwiefern diese Angaben einen praktischen Wert besitzen können. Von nicht geringer Bedeutung ist eine genaue Feststellung der geothermischen Tie-

fenstufe, deren Kenntnis uns durch zahlreiche Bohrungen in allen Teilen des Gewinnungsgebietes vermittelt sein kann.

Durch das Bohren werden in den Schichten beträchtliche Gleichgewichtsstörungen verursacht, wobei öfters lebhaftige Flüssigkeitszirkulationen oder heftige Gasausströmungen stattfinden. Diese, im normalen Schichtenzustand größtenteils auf gewisse Horizonte beschränkten Schichtenbeimengungen werden infolgedessen in ganz anderen Tiefen gefunden, als es von vornherein zu vermuten gewesen wäre. Ihre ursprüngliche Tiefe ist nämlich dank den Temperaturmessungen zu konstatieren. Darum wird die Untersuchung aller Varianten der geothermischen Tiefenstufe zu einer der wertvollsten Aufgaben.

Bekanntlich nimmt die Temperatur mit der Tiefe zu. Diese allmähliche Temperaturzunahme ist selten regelmäßig und zeigt entweder plötzliche Erhöhungen oder ganz eigenartige Hemmungen. Manchmal finden Erniedrigungen statt, welche größtenteils in einer und derselben Tiefe in kurzen Zeitintervallen zu konstatieren sind. Wenn ein langsames Steigen der Temperatur mit der Tiefenzunahme eine normale Erscheinung ist, sind plötzliche Temperaturschwankungen, ohne Rücksicht, ob negativ oder positiv, meistens eine Folge des Eindringens von Tiefenwasser oder Gas, welche von anderen Horizonten (bezw. von anderen Tiefen) als die, in denen angeblich gebohrt wird, stammen. Dergleichen Aenderungen sind immer mit heftigen Wasserniveauschwankungen oder mit den im Bohrloch stattfindenden Gasausströmungen verknüpft. Dies macht diese Erscheinungen vielseitig kontrollierbar.

Es sei erlaubt, die einfachsten Fälle zu erwähnen:

a) „Die Temperatur fällt.“ Nach der im Revier bekannten geothermischen Tiefenstufe ist die Tiefe höherer Horizonte nach der Temperaturdifferenz direkt zu bestimmen. Es ist freilich nur bei Wasserdurchbruch gültig. (Aehnliche, manchmal äußerst heftige Temperaturschwankungen sind bei massenhaften

Gasausströmungen als Folge der hierbei auftretenden Druckveränderung wahrzunehmen.⁹⁾

b) „Die Temperatur steigt mit abnormer Geschwindigkeit.“ Das Wasser oder das Gas, deren Zufluß durch das Bohren eröffnet wurde, stammt aus tieferen Schichtenpartien. Man hat es also immer mit einem Wasserdurchbruch, bzw. Naphtadurchbruch aus unteren Schichten¹⁰⁾ oder mit Gas, welches aus Spalten emporströmt, zu tun. Die Frage über die Herkunft wärmerer Solen ist ziemlich verwickelt, da diese manchmal längs wasserdurchlässiger Schichten, also in demselben Horizont, von tieferen Sattelpartien in die höheren emporquellen.

Alle diese Erscheinungen erfordern eine große Aufmerksamkeit. Dadurch werden nicht nur verschiedene Struktureinheiten erschlossen; die Wasserfrage selbst kann erst dann erforscht werden, wenn dabei alle Temperaturmessungen in genügender Weisedurchgeführt worden sind und wir dadurch zu einer vollkommenen Kenntnis dieser Erscheinungen gelangen.

Theoretisch einfach sind aber diese Beobachtungen in der Praxis nicht so leicht auszuführen.

Hier handelt es sich selbstverständlich nicht um die Messungen selbst, sondern um die Bedingungen,

⁹⁾ Ein seltenes, höchst lehrreiches Beispiel konnte man in Bitkóv (Polnische Karpathen) beobachten. In Nr. 134, Sé Dąbrowa Parz. Nr. 2699, Tiefe 427,40 m, hat am 5. August 1924 ein heftiger Gasausbruch von 55 m³/sec stattgefunden. Das Bohrinstrument, welches im Bohrloch steckte, konnte nicht herausgefördert werden, da sich auf seiner Oberfläche eine dicke Eiskruste gebildet hatte. Die normale T⁰ könnte für diese Tiefe ungefähr 17—20° C. betragen. Infolge des Gasausbruches ist die Temperatur mindestens auf —1° C. gesunken. Die Lufttemperatur betrug damals plus 7° C. Mitgeteilt von Ing. K. Zuber, Bitkóv (Franco-Polonaise).

¹⁰⁾ Auf der Insel Tscheleken am Kaspisee zeigt sich oft, nachdem man die oberen Tone und die Oelsande durchbohrt hat (Tiefe der Brunnen 100—200 m), während der Exploitation unteres Wasser, das in den Sanden der Buntschichtenserie lagert, welches eine Temperatur von mehr als 30° C. besitzt. Es sind Fälle bekannt, wo dieses Wasser aus Spalten auf die Erdöberfläche empordringt. (T⁰ bis 70° C.)

die oft kompliziert sind und die wahre Tiefentemperatur beeinflussen und maskieren. Am einfachsten wären gewöhnliche Messungen, die man während des Bohrens in Intervallen, also wenn gelöffelt wird, ausführen könnte. Wenn keine allzu heftigen Gasausströmungen stattfinden, ist die Temperatur der Bohrlochsohle die maßgebendste. Da aber die Intervalle, in denen nicht gebohrt wird, größtenteils von kurzer Dauer sind, so können die Beobachtungen aus technischen Gründen ernsthaft gestört werden. Die Temperatur wird nämlich durch die Arbeit des Bohrmeißels auf eine beträchtliche Weise erhöht, so daß sich bei Nichtvorhandensein des stetigen Wasserzufflusses aus den unteren Schichten auf eine ähnliche Weise die sich im Bohrloche befindende Flüssigkeit erwärmt. Um dies zu vermeiden, ist abzuwarten, bis nicht soviel gelöffelt wurde, daß infolgedessen diese künstliche Erwärmung verschwindet oder, der ganzen Wasserkolonne übergeben, völlig reduziert wird. Dabei ist es erforderlich, daß dergleichen Messungen immer in gleichen Verhältnissen stattfinden, wodurch gleiche Messungsbedingungen erzielt und die Fehlermöglichkeit zum Minimum eingeschränkt wird.

Besonders interessant sind die Messungen in exploitierten oder sogar in den verlassenen Bohrlöchern. Selbstverständlich kommt hier nur die Sondensohle in Betracht. Diejenigen Temperaturen sind auch nur dann maßgebend, wenn keine allzu heftige Gasausströmung stattfindet. Auch in diesem Falle wären die Resultate nicht zu verwerfen, doch eignen sie sich eher zu vergleichenden Temperaturstudien, besonders wenn eine Evidenz von ausströmenden Gasmengen geführt werden könnte.

Ganz entgegengesetzt sind die Resultate von Messungen, die in verlassenen Bohrlöchern in verschiedenen Tiefen geführt werden, in praktischer Hinsicht als unnützer Zeitvertreib zu halten. Abgesehen davon, daß im gegebenen Bohrloch, also in einer Gaskolonne, deren untere Schichten stärker erwärmt als die oberen sind, der Zu-

sammenhang zwischen den Gas- und den Schichten-temperaturen vollständig verwischt wird, treten noch andere Nebenbedingungen hervor, die solche Beobachtungen vollständig irrig machen. Dies sind schwache Gasausströmungen, die selten auch in den unproduktivsten Gebieten fehlen, ferner hat man es immer mit verschiedener Leitungsfähigkeit einer oder mehrerer Rohrkolonnen zu tun. Dabei mischt sich öfters eine Wasserzirkulation ein (von oben nach unten oder umgekehrt), deren Intensität uns aus leicht zu ersehenden Gründen unbekannt bleibt.

Die Untersuchung der Erdölanzeichen.

Wichtig ist eine wissenschaftliche und womöglich quantitative Untersuchung von Erdölanzeichen, die sich größtenteils unmittelbar vor dem definitiven Erscheinen des Erdöls bemerkbar machen. Es handelt sich in erster Linie um die Gasanalyse. Das Vorhandensein schwerer Kohlenwasserstoffe im Gas zeigt die Nachbarschaft von Erdöl an und gestattet, ein gewöhnliches Gasbrausen im Bohrloch vom Erdölgasbrausen zu unterscheiden.

Allgemeine Bemerkungen über die Beobachtungen beim Bohren.

Wie aus dem Erörterten ersichtlich ist, sind alle diese zahlreichen Beobachtungen, die eine genaue Kenntnis gewisser Erdöllagerstätten bezwecken, ziemlich mannigfaltig. Sie erfordern deshalb einen großen Energieaufwand, damit man nicht nur ein wirklich kontrolliertes Material bekommt, sondern auch, daß von diesen Angaben und von allem Gesammelten nichts verloren geht. Die Mannigfaltigkeit der Angaben von bohrtechnischen und geologischen bis an die geophysikalischen erlaubt ein vielseitiges Eindringen in die Bedingungen der unterirdischen Struktur und der Flüssigkeitslagerung, was weiter sehr wichtige Konsequenzen für das exploitative Ausnützen der Reviere

besitzt. Der Leser kann sich vorstellen, wie weit es erwünscht ist, daß man hierauf alle diese Angaben neben dem rein geologischen Profil aufzeichnet. Eine Sammlung von derart zusammengestellten Profilen erleichtert uns das Eingehen auf Einzelheiten, ohne je etwas dabei zu vermissen.

Beobachtung während der Exploitation.

Nachdem das Exploitieren einer Sonde begonnen hat, bleibt noch dem Geologen ziemlich viel zu tun, obwohl jetzt die Arbeit dementsprechend einfacher geworden ist. Die ersten Exploitationstage sind in dieser Beziehung besonders maßgebend. Es handelt sich um die Flüssigkeitsniveauschwankungen, ferner um die Beziehungen zwischen dem Erdöl und dem Wasser, dessen Provenienz laut dem oben Angegebenen (Temperatur und chemische Zusammensetzung) zu erforschen. Außer diesen sozusagen Exploitationsercheinungen bleiben noch die mannigfaltigen Verwicklungen, die infolge des Gebirgsdruckes höchst verderblich auf die Verrohrung einwirken. Die variierenden und oft rätselhaften Ursachen aller dieser Fälle bieten dem Geologen ein weites Untersuchungsfeld dar. Um ein Remonte zu unternehmen ist, wie die Bakuer Erdölindustrienerfahrungen lehren, nie die Mitwirkung des Geologen zu entbehren.

Allgemeine Bemerkungen.

Und es ist eine, dank der vielen kostspieligen Mißerfolge, gut bekannt gewordene Tatsache, daß die Exploitation eine besondere Voraussicht erfordert. Das gegenseitige Verhältnis der technischen Beschaffenheit der Sonde zu derjenigen der Schichten wird dabei zum Gegenstand eingehender Studien. Es handelt sich besonders um die Untersuchung der öl- und wasserhaltigen Schichten, deren Beschaffenheit im Laufe der Exploitation fortwährenden Aenderungen unterworfen ist.

Auch die nachherigen Reparaturen, Zementierungen usw. können nur auf Grund der vielseitig untersuchten Bohrprofile stattfinden. Auf diese Weise werden dem Industriellen viele unangenehme, manchmal auch verderbliche Ueberraschungen erspart.

Mit diesen Bemerkungen ist die Frage über die stetige Mitarbeit des Geologen während der Bohrung und Exploitation noch keineswegs erschöpft. Es ist nur ein Ueberblick, der Forscher wird selbst erwägen können, in welchem Maße die lokalen Verhältnisse, die er auf seinem Wege trifft, es erfordern, den Umfang dieser Studien zu erweitern oder zu beschränken.

Diese Mitarbeit wäre im Gegenteil zu den terrain-geologischen oder wie es auch gebräuchlich ist, sie zu nennen, den feldgeologischen Forschungen als betriebsgeologische zu bezeichnen.

IV.

Darstellung der Sondendaten.

Das Sammeln eines vollständig geprüften Materials stellt uns eine Unmenge von Angaben zur Verfügung, die nicht nur eine allgemeine Bearbeitung erfordern, sondern auch zu einer stetigen Uebersicht verfügbar sein müssen.

Es versteht sich von selbst, daß, wenn der Geologe fortwährend den Bohrprozeß untersucht, seine Meinung die autoritativste wird, so in Beziehung auf die Lagerungsfragen wie auch auf allerlei Bohrtechnisches. So wären hier verschiedene Aenderungen des Bohrprojektes, ferner das Wasserabsperren und überhaupt alles, was mit den unterirdischen Bedingungen etwas zu tun hat, zu nennen.

Der Maßstab der Profile.

Um diese für die Erdölindustrie so bedeutende Aufgabe völlig erfüllen zu können, muß die Aufmerksamkeit nicht nur auf das Material selbst gelenkt werden, sondern auch auf die graphischen Methoden, die, zweckmäßig angewandt, imstande sind, die Fülle aller Angaben richtig hervortreten zu lassen. Dieses Problem ist zweifach zu lösen. Erstens handelt es sich um ein einfaches Bohrprofilzeichnen, zweitens um eine diagrammatische Behandlung des Themas. In beiden Fällen muß darnach getrachtet werden, daß die Zeichen derart ausgesucht sind und ein passender Maßstab gewählt werde, damit uns die Zeichnung ein

Maximum von Plastizität und Lesbarkeit darbieten kann. Und es zeigt sich unbedingt, den Zeichnungsmaßstab nicht der Zeichnung, sondern der Beobachtungsgenauigkeit entsprechend zu wählen. Dadurch wird die gewünschte Plastizität gesteigert. Wenn diese sonst so gut bekannte Tatsache nicht berücksichtigt und ein zu großer Maßstab benutzt wird, so bekommen wir eine „zu“ genaue und eben dadurch verworrene Zeichnung. Am geeignetsten haben sich die Maßstäbe, die sich 1:1000 nähern¹¹⁾, gezeigt.

In manchen Gebieten können sie verkleinert werden, und zwar in Fällen, wenn die Schichtenserien mächtige und einförmige Komplexe bilden.

Graphische Darstellung der Gesteinsarten.

Es ist nie gleichgültig, was für Bezeichnungen für die Gesteine gewählt werden. Beim Erdölbohren werden größtenteils sandige und tonige Gesteine angetroffen. Die kalkigen treten eher untergeordnet hervor. Wie sich seit langem gezeigt hat, entspricht eine farbige Bezeichnung verschiedener Gesteine am besten ihrem Ziel, da sie dem Profil die größte Lesbarkeit liefert. In dieser Beziehung ist es das Zweckmäßigste, sich an die in der Natur anzutreffenden Farben zu halten, besonders wenn wir es mit verschiedenen gefärbten tonigen und tonschieferigen Gesteinsarten zu tun haben. Die Naturfarbenskala muß selbstverständlich vereinfacht werden, wobei es manchmal wünschenswert ist, die etwaigen Farbentöne der Schichten beim Zeichnen übertrieben dunkel einzutragen.

Dasselbe gilt von den Schichten, die dank manchen speziell für ein gegebenes Revier charakteristischen Merkmalen, eine besonders ins Auge fallende Bezeichnung erfordern. Die Sande, Sandsteine oder Konglomerate sind am besten durch eine Sandpunktie-

¹¹⁾ In Baku werden gegenwärtig alle Profile in 1:840 gezeichnet, d. i. 10 Saschen im engl. Zoll; in Amerika ist dagegen der Maßstab von 1:1200, d. i. 100 Fuß im engl. Zoll, der gebräuchlichste.

rung zu bezeichnen, wobei es bequem ist, auch eine etwaige Härteskala zu berücksichtigen. Alle erdöl-, gas- und wasserhaltigen Schichten, die man oft als speziell charakteristisch äußerst plastisch zu zeichnen sucht, spielen im Gesamtbilde eine eher zurücktretende Rolle; da sie am meisten in den sandigen Gesteinen lagern, so genügt es, sie durch eine farbige Sandpunktierung zu bezeichnen (z. B. für Naphta rot und für die Wassersande grün). Auch gelten hierfür besondere Farbenbezeichnungen, man darf aber nie aus dem Auge verlieren, daß farbige Linien nur für Tongesteine reserviert bleiben sollen.

Wenn man es mit gemischten Gesteinsarten zu tun hat (wie z. B. tonigem Sandstein, sandigen Tonen usw.), so ist es ratsam, den überwiegenden Typus in entsprechenden Streifen und die Beimengung nach ihrem Charakter in der Mitte, abgesondert, einzutragen. (S. Fig. Nr. 1.) Die Einführung besonderer Zeichen für dergleichen Schichten erweitert unnötigerweise die Legende, wobei auch öfters zahlreiche Zeichenfehler verursacht werden.

Anstatt die Farbenskala zu benutzen, kann man die Tongesteine mittels einer entsprechenden Schraffierung eintragen. Wenn diese auch scharfsinnig ausgedacht wäre, steht sie doch hinter der Farbenskala weit zurück. Und wenn man auch manchmal genötigt ist, sich der Schraffierung zu bedienen (z. B. für Reproduktionszwecke oder wenn ein Lichtdruck des Bohrprofils nötig ist), ist dies doch bei täglicher Arbeit kurz zu verwerfen¹²⁾.

Etwas anders stellt sich die amerikanische Zeichenskala dar, die prinzipiell, besonders in bezug auf gemischte Gesteine, viel Ähnliches mit der russi-

¹²⁾ Das beschriebene Zeichensystem wurde im Jahre 1920 nach längeren Diskussionen vom Geologischen Bureau des Asneft eingeführt. Es entstand infolge kollektiver Vergleichung von Erfahrungen mehrerer Mitarbeiter des genannten Bureaus. Die Anwendbarkeit des Systems und glänzende Erfolge beweisen seine Zweckmäßigkeit so in praktischer wie auch in rein wissenschaftlicher Richtung.

schen Zeichenskala besitzt, sich jedoch im wesentlichen von der letzteren unterscheidet. Es handelt sich nämlich um die Bezeichnung der produktiven Sandhorizonte (s. Ambrose S. 27—29), deren Vorhandensein aufs schärfste im Vergleich mit den anderen Schichten in der Zeichnung betont wird. Die Ton und Schiefergesteine werden dagegen als untergeordnet nur vermittels einer Schraffierung eingetragen. Ambrose empfiehlt sogar, die Tone in manchen Fällen zeitersparnishalber unschraffiert zu lassen. Nun ist es nichtsdestoweniger wahr, daß sich eigentlich ein jedes System, welches man zu handhaben gewöhnt ist, ohne weiteres als zweckmäßig erweist. Der Leser kann aber selbst beurteilen, daß dieses System in Vergleich zu den vorher besprochenen manchen Nachteil besitzt, wobei es sich vom rein geologischen wie vom praktischen Standpunkte aus betrachtet, wenig begründet zeigt.

Der Profilstreifen.

Beim Aufzeichnen der Profile darf nie vergessen werden, daß sie uns ein leicht übersichtliches Angabenmaterial darbieten sollen, wobei besonders eine Verworrenheit der Zeichnung zu vermeiden wäre. Denn außer der einfachen Analyse des Bohrprofils bleibt noch eine gleichzeitige vergleichende Untersuchung mehrerer Exemplare, was nur dann möglich ist, wenn die Profilstreifen entsprechend miteinander zusammenzulegen sind. In dieser Beziehung ist als zweckmäßigst der Profilstreifen zu nennen, der durch Ing. M. V. Abramowitsch, Direktor des Geologischen Bureaus in Baku, ausprobiert und nachher eingeführt worden ist. Sein Unterschied mit den gewöhnlich gefertigten Profilstreifen besteht darin, daß hier das eigentliche Schichtenprofil sich knapp am Rande des Papierstreifens befindet.

Die beigelegte Zeichnung (Nr. 1) zeigt, auf welche Weise alle Merkmale auf dem Profilstreifen eingetragen werden und wie dadurch die Zeichnungsfläche am besten auszunützen wäre.

Alle geologischen Profilpartien, wenn sie auf einer und derselben Seite der Streifen auf gezeichnet worden sind, erlauben ein gegenseitiges Vergleichen einer unbegrenzt großen Anzahl von Profilen, wobei alle Analogien oder Differenzen mit größter Leichtigkeit zu erfassen sind.

Und es ist ganz egal, ob uns anfänglich eine größere oder kleinere Anzahl von Bohrungen zur Verfügung steht, ferner ob diese weit voneinander oder in nächster Nachbarschaft gelegen sind und endlich, ob die Profile im gegebenen Revier überhaupt vergleichbar sind oder nicht. Diese Methode bietet uns ein Optimum der Vergleichsleichtigkeit dar und ist als solche immer anzuwenden.

Das Rotary-Profilogramm.

Auf diese Weise wäre die Frage über ein einfaches Profilzeichnen gewissermaßen erschöpft. Nun möchte ich noch bei einer Besprechung der Bohrprofilogramme bleiben, und zwar der des Rotarybohrungsdiagramms (nach J. Krzyzkiewicz, s. Kap. III) und weiter die des großen Bohrdiagramms mit Berücksichtigung der täglichen Beobachtungen während des Bohrprozesses.

Das Zusammenstellen der Rotarydiagramme wird auf folgende Weise¹³⁾ erzielt (vgl. Fig. 2):

Es werden vier Erscheinungstypen der Tiefe nach parallel aufgezeichnet, woraus ein vielfältiger Profilstreifen entsteht. In erster Kolonne wird ein einfaches geologisches Bohrprofil eingetragen, das man, wie oben bemerkt, sowohl nach den Bohrproben, wie auch gemäß der Untersuchung der Spülflüssigkeit erhalten kann. In der zweiten wird die Intensität der Flüssigkeitszirkulation eingezeichnet. Die dritte ist

¹³⁾ In J. Krzyzkiewicz origineller Zeichnung befinden sich mehrere Abteilungen, die hier der Einfachheit halber nicht berücksichtigt werden. Die Besprechung behandelt ein modifiziertes Diagrammsystem in Beziehung auf die praktisch bereits geprüften Untersuchungen.

für die Meißelabstumpfungsgeschwindigkeit bestimmt. Die vierte bleibt für allgemeine Bemerkungen, wie es z. B. alle charakteristischen Merkmale des Bohrprozesses sind, hierauf für die Tiefen des Meißelwechsels usw.

Die Farbenskala wird für die zweite und dritte Profilkolonne folgenderweise gewählt: es wird empirisch, also für entsprechende Terrains variierend, nach den lokal zu beegnenden Gesteinsarten tatsächlich festgestellt, wie und bei welchen Bedingungen die sich gegenseitig entsprechenden Erscheinungen zu beobachten sind.

So erhalten wir folgende Beziehungen:

Gesteinsorten usw.	Zirkulations-Intensität	Meißelabstumpfung
Tone, Tonschiefer, Mergel	starke (bis sehr starke)	schwache
lithologisch wechselnde Schichtenfolge (Tone, Tonschiefer und Sande)	mittlere	mittlere
Sande, Sandsteine	schwache	starke
Spalten, Verwerfungsflächen u. dgl.	völlige Lehmflüssigkeits-Absorption	fast keine

Selbstverständlich ist die angeführte Tabelle nur als äußerst schematisch und nur als ein Beispiel zu betrachten, auf welche Weise man zu einem synthetischen geologischen Profil gelangt. Weiteres wäre noch bei Untersuchung von Fig. 2 zu erfahren.

Was die Sicherheit dieser Methode anbelangt, so ist nicht zu vergessen, daß diese bisher nur in den einfachsten geologischen Bedingungen angewandt worden ist. Nun wäre es übereilt, vorauszusagen wie sich die Sache bei den komplizierten, also in bezug auf einen verwickelten Faltenbau und auf eine andere petrographische Beschaffenheit der Gesteine verhalten mag. Diese Klassifikationsschwierigkeiten müssen entstehen, sobald man die harten Tonschiefer oder

andere Flyschgesteine unter den Meißel bekommt. Wenn man dabei erwägt, daß beim Deckenbau große Sattelpartien eine äußerst intensive Zusammenpressung der Schichten aufweisen, so müssen die Zirkulationserscheinungen in bezug auf die Meißelabstumpfung, ferner auf die Notwendigkeit von Anwendung des Sharp-Hughesschen Bohrapparates usw. verhältnismäßig komplizierter sein, als es bei den einfach sandig-weichtonigen Schichtenfolgen der Fall ist.

Zur Kritik des Rotary-Profilidiagramms.

Außerdem wäre noch ein Nachteil dieser Methode zu erwähnen, nämlich in bezug auf die Meißelbeobachtungen. Das Stumpfwerden hängt nicht nur direkt von der Schichtenhärte ab, sondern auch vom Meißelmaterial und dem Verhalten des Stahles während des Bohrprozesses. Dies ist wiederum von der Bohrtiefe, weiter von der Dauer einer entsprechenden Bohrung usw. abhängig. Dessenungeachtet verliert das Abstumpfungsdiagramm keineswegs an Wert. Man muß nur beim Beobachten und Diagrammzusammenstellen alle Nebenumstände in Betracht ziehen, damit sich das Endresultat möglichst fehlerfrei erweist. Beim Fehlerkorrigieren sind die Bemerkungen, die in der Kolonne Nr. IV eingetragen werden, von besonderem Wert. Wie es schon erwähnt wurde, werden in dieser Kolonne alle Einzelheiten des Bohrprozesses notiert, die das Verhalten des Bohrapparates zu den Schichten und umgekehrt zu erklären imstande sind.

Es ist eigentlich nichts anderes als ein Ausnützen des altbekannten Umstandes, daß ein erfahrener Bohrmeister es immer versteht, alle Gesteinsarten nach dem Verhalten des Bohrapparates während des Rotarybohrens zu bestimmen. Nun handelt es sich darum, um aus dergleichen indirekten Beobachtungen ein ununterbrochenes Diagramm herzustellen. Dies zu erzielen, wäre der eigentliche Zweck des vielfachen Rotaryprofils.

Allgemeines Bohrungsdiagramm.

Es versteht sich von selbst, daß, wenn man beim Bohren stetig eine vielseitige Untersuchung aller Erscheinungen führt, uns ein einfaches Bohrprofil nicht mehr ausreicht, da nach ihm alle die untersuchten und systematisch eingetragenen Einzelheiten nicht mehr analysierbar sein können. Nun handelt es sich darum, diese Fülle des Materials und was ferner am wichtigsten ist, die gegenseitigen Beziehungen aller Kategorien in Bewegung zu bringen. Wie schon im Kapitel III ausgeführt worden ist, sind wir imstande, folgende ununterbrochene Reihen von Beobachtungen beim Bohren durchzuführen — Geologisches Profil, Bohrungsdiagramm, Flüssigkeits- und Temperaturmessungen. Dergleichen Diagramme einzelner Beobachtungskategorien und besonders den Bohrprozeß selbst betreffende sind nicht so selten in entsprechender Literatur zu finden. Sie werden auch hier und da mit immer zunehmendem Interesse geführt. Hier gilt es, dem Leser eine Beschreibung und Methodenkritik eines solchen Diagramms zu geben, woraus ein völliges Bild des Zusammenhanges zwischen der Bohrung selbst und allen durch diese hervorgerufenen Erscheinungen zu entnehmen wäre.¹⁴⁾

Ein Diagrammprofil wird auf folgende Weise hergestellt (s. Fig. 3): Ordinaten sind für die Tiefen, die Abszissen sind für die Zeit bestimmt, wobei ein jeder Tag einen entsprechenden Streifen besitzt.

Der Nullpunkt befindet sich am linken oberen Rand. Auf diese Weise besitzen die Ordinatenzeichen beim Bohrungsdiagramm selbstverständlich ein Minus- und die Abszissen ein Pluszeichen.

Das geologische Profil wird in einem Streifen (wie gewöhnlich) eingetragen. Dasselbe bezieht sich auch auf das schematische Verrohrungsprofil. Da der Tiefen-

¹⁴⁾ Das hier beschriebene Diagramm wurde in Baku vom Geologen des Geol. Bureaus Berging. A. A. Melikow im Revier des Bibi-Eybater Schuttlandes den dortigen Beobachtungsbedingungen angepaßt, sehr erfolgreich eingeführt.

maßstab der beiden Profile und des ganzen Diagramms ein und derselbe ist, sind alle Erscheinungen, die durch das Bohrdiagramm zum Ausdruck gebracht werden, nach dem geologischen Profil zu analysieren.

Das eigentliche, nach den Tiefen und der Zeit gezeichnete Bohrdiagramm ist allzubekannt, um einer näheren Erörterung zu bedürfen (s. Fig. 3). Es ist zweckmäßig, beim Aufzeichnen verschiedene Farbensätze zu gebrauchen, um damit Verschiedenes entsprechend plastisch zum Ausdruck zu bringen. (So werden z. B. etliche Zementierungsvorgänge, das Aufhalten während des Bohrens, Unglücksfälle je nach ihren Ursachen mit leicht ins Auge fallenden Abzeichen besser lesbar gemacht.) Das ist besonders bequem, wenn man die Ursachen mancher mit der Faltenstruktur im Zusammenhang stehenden Bohrstörungen zu entziffern sucht.

Das Flüssigkeitsniveaudiagramm wird den täglichen Messungen gemäß gezeichnet, wobei man beim Aufzeichnen den Abstand zwischen der Flüssigkeitskolonne und der Sondenmündung in Betracht zieht. Je nach Notwendigkeit (z. B. bei komplizierten Verwässerungsfällen) ist es von Bedeutung, beim Aufzeichnen folgende Haupttypen zu berücksichtigen: 1. Wasser, welches während des Bohrens eingepumpt worden ist (sein Niveau zeichnet sich durch eine charakteristische Unstetigkeit aus, was sich besonders nach jedem Löffeln bemerkbar macht). 2. Schichtenwasser (dessen Niveau größtenteils vom Löffeln unabhängig ist). Charakteristische Angaben, chemischen u. dgl. Inhalts, sind neben den entsprechenden Stellen des Diagramms fortwährend zu notieren. 3. Das Erdöl. Wenn es mit Wasser zusammen erscheint, so sind zwei Niveaus zu messen, das erste des Erdöls und das zweite des Wassers. Diese beiden wären entsprechend darzustellen. Alle diese Typen (es können noch andere graphisch berücksichtigt werden) sind am besten mit Farbensätze auszuziehen, wodurch die Aufgabe, alle Änderungen zu verfolgen sehr erleichtert wird.

Für die Temperaturkurve werden andere Ordinaten bei denselben Zeitabszissen gewählt. Es ist sogar ratsam, dieses Temperaturdiagramm vom unteren Rande der Zeichnung zu beginnen und weiter bei den mit den Tiefen steigenden T^0 nach oben, also umgekehrt wie es mit den zwei ersten Kurven der Fall ist, fortzuschreiten. (Laut Bericht über die Temperaturbeobachtungen im Kapitel III ist ein jeder Wasserzufluß oder eine Gasausströmung usw. von entsprechenden Temperaturänderungen begleitet, was diagrammisch leicht darzustellen ist. Da wir es in den meisten Fällen mit einer Temperaturdifferenz von 10^0 bis 30^0 C. zu tun haben, so besitzen wir beim Maßstab von 1:1000 Raum genug, um für jeden Grad einen entsprechend großen Abstand zu wählen und die Differenzen möglichst auffallend darzustellen.

Alle anderen Erscheinungen, die sich quantitativ als unfaßbar erweisen (besonders wäre das Gasbrausen zu nennen, vgl. Kapitel III), wären vermittels entsprechender Bemerkungen oder Abzeichen zu notieren. Ihr Zusammenhang mit den geologischen Bedingungen ist immer dem Verlauf der Kurven gemäß äußerst sicher zu analysieren.

Exploitationsdiagramm.

Es bleiben noch die Exploitationsdiagramme zu erwähnen, die im wesentlichen nichts anderes als dieselben Niveaudiagramme sind, die man im Bohrdiagramm aufzeichnet. Der Unterschied besteht darin, daß es sich hier selbstverständlich nur um eine und dieselbe Tiefe handelt. Um ein vollständiges Bild zu bekommen, wären vier Niveaulinien aufzuzeichnen, nämlich die des Erdöls, des Wassers, der Emulsion (wenn diese vorhanden ist) und ferner die des Pfropfens. Der Maßstab kann selbstverständlich viel kleiner gewählt werden. Die Flächen, die im Diagramm durch entsprechende Flüssigkeitstypen oder durch den Pfropfen eingenommen werden, sind am besten durch eine entsprechende

Schraffierung (s. Fig. 4) oder durch eine bestimmte Farbe¹⁵⁾ kenntlich zu machen.

Das hier beschriebene Diagramm ist imstande, uns ein quantitatives Bild aller Beziehungen zu geben, die zwischen dem anfänglichen Verschwinden des Wassers und dem Erscheinen von Pfropfen an der Sondensole usw. zu Tage treten. Dies steht öfters mit einem Wasserdurchbruch im Zusammenhang.

Andere Erscheinungen, wie die Temperaturschwankungen, die während der Exploitation größtenteils auch auf einen Wasserdurchbruch hinweisen, können, so wie auch alle Gasausströmungsänderungen im Diagramm werden nur wörtlich erwähnt, ohne sie besonders aufzuzeichnen.

* * *

Damit wäre das vielseitige Problem des Bohrprofils und allerlei Beobachtungen beim Bohren im großen und ganzen erörtert. Was jetzt zu besprechen bleibt, betrifft die synthetische Behandlung des gesammelten Materials in bezug auf den geologischen Bau der Terrains samt ihrer Ergiebigkeit, deren Kenntnis im Zusammenhang mit dem oben Beschriebenen steht.

Dergleichen Fragen, sowohl die erwähnten, wie auch alles, was die Organisierung eines Geologischen Bureaus im Erdölrevier anbelangt, ferner die Probleme betreffend die Beziehung der erdölgeologischen Praxis zur Geologie im wahren Sinne des Wortes, bedürfen keiner allzu eingehenden Schilderung. Hier genügt es nur, in großen Zügen klarzulegen, um damit ein vollständiges Bild aller Aufgaben zu geben, die in einem Erdölrevier vor dem Geologen stehen. Dies wird der Leser in den folgenden Kapiteln finden können.

¹⁵⁾ Rudimentäre Diagrammuster sind bei Ambrose (S. 99 und 123) zu finden. Das hier Erörterte stammt vom Bakuer Geol. Bureau (ausgearbeitet von J. Krzyżkiewicz).

Darstellung der Tiefenverhältnisse.

Wenn alle die nach den in den Kapiteln III und IV beschriebenen Methoden zusammengestellten Profile an und für sich ein kostbares Material darstellen, so treten ihre wirklichen Vorteile erst dann hervor, wenn man sie miteinander verglichen und synthetisch behandelt hat. Je genauer dies getan wird, desto sicherer werden alle die auf Grund des gesammelten Materials zu entnehmenden Folgerungen sein.

Wenn man im Besitz einiger gut gezeichneter Bohrprofile ist, und wenn dieselben auf einen topographischen Plan genau genug eingetragen worden sind, so ist man immer imstande, ohne weiteres zu beurteilen, ob zwischen ihnen gewisse Analogien existieren. Wie es schon im Kapitel II gesagt wurde, sind die letzteren nur dann einwandfrei zu bezeichnen, wenn das ganze Profil regelrecht graphisch zusammengestellt wurde.

Vergleichendes Studium der Bohrprofile.

Bei normalen und wenig wechselnden Strukturbedingungen stellt ein solches Vergleichen keine besondere Schwierigkeit dar. Wenn aber der Einfallswinkel wechselnd ist, so wechselt auch die Scheinmächtigkeit der im Profil vorkommenden Schichten, was zu manchem Mißverständnis verleiten kann. Um dies zu vermeiden, sollen die Profilstreifen nicht parallel aufeinander gelegt werden, sondern gemäß der

mittleren Fallwinkeldifferenz¹⁶⁾ zueinander geneigt werden (s. Fig. 5). In einfach gebauten Terrains ergibt dieses Verfahren verschiedene Mächtigkeitsdifferenzen oder man kann umgekehrt die Winkeldifferenzen ziemlich genau erfassen, was sich bei der Horizontierung nicht ohne Bedeutung erweist. Es muß aber bemerkt werden, daß diese Methode keineswegs als quantitativ anzusehen ist. Da sie sich bei der Orientierungsanalyse als bequem erweist, so erlaubt dies das Bohrmaterial sehr rasch und sicher zu qualifizieren, obwohl das Verfahren selbst weit hinter den genaueren Arbeitsmethoden zurück bleibt.

Feststellung von Leithorizonten.

Nun besteht die Hauptaufgabe der Profilanalyse im Aufsuchen von Leithorizonten (key-beds), wonach die Horizontierung selbst, also das Einteilen des Ganzen ermöglicht wird. Es möchte den Umfang unseres Artikels zu sehr in die Weite ziehen, wenn wir uns mit der Frage, wie diese „Key-beds“ aufzusuchen wären, beschäftigen wollten. Hier genügt es nur zu erwähnen, daß in praktischer Beziehung eine jede Schicht von stetiger und wenig wechselnder Mächtigkeit, die dank ihrer kontrastierenden Merkmale nie, ohne bemerkt zu werden, vom Bohrmeißel durchdrungen wird, als ein Leithorizont gelten kann. Es treffen manchmal Bedingungen zu, wenn wir uns nur mit den qualitativen Merkmalen begnügen müssen, ohne sich auf die konstante Schichtenmächtigkeit stützen zu können.

Das Normalprofil und die Winkelmethode.

Parallel der Feststellung gewisser Leithorizonte gelangen wir zur Kenntnis eines Normalprofils, darunter eine Darstellung gewisser Schichtenfolgen in

¹⁶⁾ Genau beschrieben und mit großmaßstäbigen Zeichnungen erklärt in S. Zuber, Geologische Forschungen im Binagady Naphtaterrain, Baku 1924 (russisch).

ihrer reellen Mächtigkeit, die auf Grund der scheinenden, also nach einer graphischen Reduktion (nach O^0) zu erhalten ist. Ein Normalprofil zeigt sich selten als konstant. Es muß also für eine jede Sattelpartie bestimmt werden. Diese Arbeit muß mehr auf die einfach gebauten Terrains beschränkt werden, also auf diejenigen Faltenpartien, wo keine besonders heftigen tektonischen Störungen vorkommen. Wenn wir ein Normalprofil besitzen, so wird das Vergleichen der Bohrprofile ungemein vereinfacht. Die oben beschriebene Winkelmethode erlaubt uns in dieser Beziehung viel zu leisten, sowohl in bezug auf das Vergleichen verschiedener Profile, wie auch umgekehrt, um alle stratigraphischen Mächtigkeitsänderungen des Normalprofils zu erlernen.

In stark gefalteten Terrains ist leider das Normalprofil fast nie festzustellen, wenn es auch manchmal in ruhigen Sattelpartien ohne gewöhnliche Ausquetschungen zu beobachten ist, so wird seine Anwendung durch benachbarte Störungen wertlos gemacht.

Tiefenkartensynthese.

Wenn es uns gelungen ist, in mehreren Bohrprofilen die Existenz eines derartigen Leithorizontes zu konstatieren, beziehungsweise ein Normalprofil zu konstruieren, so ist es ratsam, sich desselben zu bedienen, um eine rudimentäre hypsometrische¹⁷⁾ Tiefenkarte aufzeichnen zu können. Diese Aufgabe ist selbstverständlich nur dann ausführbar, wenn uns eine genaue topographische Aufnahme (am bequemsten ist der Maßstab von ungefähr 1:5000, s. Kapitel I) zur Verfügung steht. Ohne eine, wenn auch rudimentärste Strukturkartenskizze ist es nicht ratsam, ein quantitatives Revierprofil zu zeichnen. Es kann uns zu größten Fehlern führen.

Da wir schon über die Strukturkarte zu reden be-

¹⁷⁾ Man benützt bei Bezeichnung solcher Tiefenkarten den Ausdruck hypsometrische, obwohl das Wort „bathymetrisch“ vielleicht richtiger wäre.

gonnen haben, so erweist sich von selbst als notwendig, die Bohrungen derart anzulegen, daß sie uns immer eine Terrainpartie aufzuschließen imstande sind. Es ist nur dann erlaubt, die Brunnen in einer Linie zu beginnen, wenn uns der Terrainbau auf Grund einer geprüften Strukturkarte völlig bekannt ist.

In manchen Fällen zeigt es sich, daß die sonst auch richtig zusammengestellten Profile vollständig unvergleichbar sind. Manchmal scheint es sogar, daß in solchen Fällen absolut gar keine Analogie zu finden ist. Wenn es dabei in demselben Revier auch vergleichbare Typen gibt, so ist es nicht unzweckmäßig, diejenigen Terrainpartien, wo die Profilabnormitäten zu beobachten sind, als solche auf der Karte abzusondern. Es zeigt sich größtenteils, daß dergleichen Typen in Zonen oder in Streifen vorkommen. Wenn es nun gelungen ist, dies herauszufinden, so wird unsere Aufgabe vereinfacht. Die Zonengrenzen sind meist durch gewisse halbabnorme Profilpartien zu erkennen und dadurch mit den völlig normalen stufenweise anzuknüpfen.

Die Tiefenkarten in verwickelt gebauten Terrains.

Es gibt aber Terrains (so z. B. in den Karpathen), wo trotzdem, daß man das Profil in stratigraphischer Beziehung völlig analysiert hat, eine jede Bemühung, eine Tiefenkarte zusammenzustellen, erfolglos wird. Wenn dergleichen Bedingungen konstatiert wurden, so erfordert dies ein Vergleichen der Bohrerergebnisse, mit denen der oberflächlichen Untersuchung. Es möchte zu weit führen, alle die Griffe zu besprechen, dank welchen wir zu einer quantitativen Kenntnis der unterirdischen Struktur gelangen könnten. Bei gewandter Analyse gelingt es auch, die verwickeltesten Terrains in kleine Partien zu zerlegen, wo es möglich ist, die Lage der ölführenden Schichten auf eine solche Weise zu bestimmen, daß man endlich, wenn auch nicht überall, so doch partiell dazu kommt, die erforderlichen Strukturlinien zu zeichnen.

Vervollkommnung der Tiefenkarte.

Dies analytische Verfahren, das zugleich ein synthetisches ist, geht immer parallel vor sich. Hier wäre nämlich das Qualifizieren und Klassifizieren der Bohrprofile, weiter das Aufsuchen der Schlüsselhorizonte und das Zusammenstellen der Tiefenkarte zu nennen. Wie die Erfahrung lehrt, ist dies fast nie definitiv, jede Bohrung bringt neue Einzelheiten, die sie vervollständigen und unsere Kenntnis des entsprechenden Terrains vervollkommen. In bezug auf alle die oben besprochenen Methoden wäre noch eine Sache zu bemerken. Die Tiefenkarte ist das Hauptziel der Profilanalyse. Ohne sie wären alle Angaben über das Wasservorkommen, die Temperaturen usw. ein totes Material, welches erst dann „belebt“ würde, wenn es dem Geologen gelungen ist, eine Struktursynthese zu machen.

Nun bleibt noch eine Frage zu erörtern, nämlich wie weit man mit dieser Struktursynthese vordringen kann. Für praktische Zwecke ist eine einfache, also die nach einem einzigen Leithorizont gezeichnete Tiefenkarte größtenteils als ungenügend zu betrachten. In Fällen einfachen Baues wird diese Aufgabe erst von einer zweifachen Tiefenkarte erfüllt, wo das unterirdische Relief von zwei Horizonten in Isobaten dargestellt, uns ein genügend genaues Bild der Strukturveränderungen gibt. Praktisch erlaubt dies ein Profilieren, das unabhängig von der Lage der maßgebenden Bohrungen und in jeder gewünschten Richtung ermöglicht wird. Je mehr Horizonte auf der Karte konstruiert worden sind, desto genauer sind die nach ihnen gezeichneten Profile. Das Interpolieren aller dazwischen gelegenen Schichten wird sicherer, wobei die Genauigkeit der nach der Strukturkarte zusammengestellten Bohrprojekte äußerst viel gewinnt.

Es handelt sich aber nicht nur um die etwaige Feststellung der Lage gewisser Leithorizonte, mit der die Struktursynthese erschöpft wird; auf diese Weise

können auch wichtige und kartierbare Ueberschiebungs- und Verwerfungsflächen behandelt werden.

Mit einem Wort ist diese Methode der einzige Weg, der geeignet ist, uns ein klares, unzweifelhaftes und quantitativ unbegrenzt ausnützbares Bild der unterirdischen Terrainstruktur zu liefern.

Synthetische Studien gemäß einer fertiggestellten Tiefenkarte.

Erst dann, wenn es uns einmal gelungen ist, in Besitz einer Tiefenkarte zu kommen, werden die weiteren synthetischen Arbeiten möglich. Die Verteilung der Flüssigkeiten, ihr Verhalten, der gelegentliche Gang der Verwässerung, gegenseitige Beziehungen von unterirdischen Isothermen usw. werden erst dann verständlich, wenn sie nach der Strukturkarte bearbeitet werden können.

Den besten Beweis für diese Anschauung liefern die Arbeiten der amerikanischen Geologen. Die Verbreitung der exploitierbaren Gas- und Naphtaterrains, deren Grenzen in bezug auf ihren vermittels trefflicher Tiefenkarten dargestellten geologischen Bau so klar festgestellt wird, liefert uns einen großartigen Ueberblick von allem, was bisher in dieser Beziehung geleistet wurde.

Die geologische Statistik.

Der Zweck der geologischen Statistik besteht darin, daß die Exploitation eines gewissen Reviers nach den Horizonten zerteilt und auf diese Weise ihre Produktivität bestimmt wird. Dies ist nur dann möglich, wenn uns vollständig bearbeitete Bohrprofile zur Verfügung stehen. Wie es schon oben ausgeführt wurde, muß von vornherein eine genaue Horizontierung der Bohrprofile und hierauf eine Struktursynthese unternommen werden, um alle möglichen Fehler zu vermeiden.

Wenn die Horizontierung einmal ausgeführt worden ist, wird das Statistikführen nicht nur vereinfacht, sondern wird zu einer prächtigen Vervollkommnung der rein geologischen Untersuchung. Es besitzt auch eine besondere Bedeutung für die Erdölindustrie, da dadurch die Bestimmung des reellen Wertes gewisser Reviere und sogar mancher Parzellen ermöglicht wird.

Zu diesen Aufgaben gehört noch die Aktivitätsbestimmung gewisser Horizonte in bezug auf die Lebensdauer der Brunnen. Ihr Regime, wie es überall beobachtet wird, erweist immer eine gewisse Ungleichheit. Dies hängt von den Lagerungsbedingungen (Sättigung, Schichtenkonsistenz, Tektonik usw.) ab und wechselt mit dem Exploitationsalter eines gegebenen Revieres, was wiederum von der Zahl der mehr oder weniger gelungenen Bohrungen abhängig ist. Hier wäre noch die etwaige Verwässerung zu

erwähnen, wodurch die Produktivität sehr charakteristisch beeinflußt wird.

Die Produktivität der Horizonte zeigt höchst charakteristische Merkmale, die nach den Exploitationskurven einzelner Sonden zu erkennen und zu analysieren sind. Das Wichtigste bezieht sich auf eventuelle Produktivitätsmaxima, deren Verhältnisse in bezug auf die absolute Ergiebigkeit der Bohrungen, wie auf die Exploitationsdauer laut den geologischen Bedingungen entsprechender Terrainpartien zu beurteilen wären.

Wie andererseits gut bekannt ist, wechselt die Produktivität einzelner Horizonte, was wiederum nicht immer auf eine unbestreitbare Weise von der Tektonik eines Erdölrevieres zu deduzieren ist. Die Lage, wie der Umfang einer Produktivitätsmaximumfläche aller Schichten gleichen sich gegenseitig nicht, was sowohl von der Sättigung einzelner Horizonte wie auch von ihrem Bau abhängig ist. Die Feststellung der Produktivitätsunrisse für bestimmte Schichten bildet einer der interessantesten Aufgaben der modernen Erdölgeologie, die eng mit den geologisch-statistischen Untersuchungen verbunden ist. Sobald uns auf Grund des streng geprüften statistischen Materials der Umfang der industriell verwertbaren Terrains bekannt geworden ist, sind alle ökonomisch-geologischen Folgerungen quantitativ und von allen sonst so gewöhnlichen Vermutungen befreit zu behandeln. Selbstverständlich sind dergleichen Abschätzungen einwandfrei nur in gut erforschten, also zum Teil auch erschöpften Revieren ausführbar. Demungeachtet gilt der oben erörterte Gang der Forschung für alle Fälle.

Es bleibt nun zu erörtern, wie, von den einfachen Exploitationsdiagrammen abgesehen, die geologisch-statistischen Darstellungsmethoden anzuwenden wären.

An erster Stelle wäre die Exploitationskarte zu erwähnen. Die besten Ergebnisse erlangt man, wenn diese auf einer Strukturkarte gezeichnet werden. Die Sonden, die entsprechend selbständige Horizonte exploittieren, werden vermittels verschieden

gefärbter Kreise bezeichnet. Wenn die Karte noch von einem Profil begleitet ist, so wird ihre Aufgabe in bezug auf die Genauigkeit und Lesbarkeit vollständig erfüllt.

Wenn uns ein Normalprofil zur Verfügung steht, das entsprechend horizontiert ist, so wird es möglich, die totale Ausbeute eines jeden Horizontes nebenan darzustellen. Diese Zeichen gewinnen an Wert, wenn dabei die Zahl der Bohrungen entsprechend berücksichtigt wird. In ökonomischer Hinsicht gibt dies gute Erfolge, da auf diese Weise die mittlere Produktivität der Bohrungen leicht zu erfassen ist.

Außer diesen höchst einfachen Methoden bleiben noch komplizierte, äußerst wertvolle Arbeiten, die eine statistische Kartierung bezwecken. Auf Grund geologischer Studien (Tiefenkarte und Normalprofil) wird die Ausbeute nicht nur den entsprechenden Horizonten und Bohrlöchern gemäß, sondern auch den gewissen Exploitationsperioden nach, auf die Karte quantitativ eingetragen. Eine derartige Exploitationskarte gibt nicht nur das Bild allgemeiner Produktivität des Erdölfeldes, sondern liefert uns auch eine komplette Entwicklungsdarstellung des Reviers in bezug auf die Zahl der Bohrungen und ihre absolute und relative Ausbeute. Ferner wird dadurch die Erschöpfung gewisser Horizonte und der gegenseitige Einfluß der exploitierten Bohrungen graphisch klargelegt. Wenn in einem Revier mehrere Horizonte exploitiert werden, so wird diese Aufgabe zu einer äußerst mühsamen und komplizierten¹⁸⁾. Um alles klar und pla-

¹⁸⁾ Ein klassisches Werk, wo alle statistischen Methoden angewendet worden sind, ist in Nr. 1 (1925) des Aserbaydshanskote Nepht. Khosiyastwo (Baku 1924, russisch) erschienen. Es stammt von Berging. M. S Kolesnikoff, dem Leiter der geologisch-statistischen Abteilung des Geol. Bureaus in Baku. Der Titel lautet: „Zur Frage über die Bestimmung der Erdölvorräte in den Lagerstätten, nebst der Ausarbeitung der Abschätzungsmethoden der Erdölterrains und Amortisationsnormen in bezug auf den des Erdöls“, Selbstverlag. Zur Arbeit sind 56 Diagramme und Karten vom Bibi-Eybater Erdölterrain beigelegt. Diese Arbeit behandelt das Thema

stisch darzustellen, ist es zweckmäßig, mehrere Karten zu benutzen, und zwar mindestens eine für jeden Horizont.

Es ist jetzt unmöglich, näher auf die Einzelheiten der statistisch-diagrammatischen Kartierung einzugehen. Wenn die Zeichnungen plastisch zusammengestellt worden sind, so gilt eine jede Einzelheit der Exploitationsstatistik als darstellbar.

Man kann aber nicht verleugnen, daß dergleichen Methoden nicht nur kompliziert sind, sondern auch, daß sie einen ziemlich beträchtlichen Kostenaufwand erheischen. Einem Naphtaindustriellen kann es nicht gleichgültig sein, zu wissen, welches für ihn der Vorteil sei, der daraus zu erwarten wäre. Alle statistischen Exploitationskarten geben uns mehr ein retrospektives Bild, woraus über die neu eröffneten Felder nur annäherungsweise, also nicht unmittelbar zu schließen wäre. Die Erdölindustrie, die der relativen Kurzlebigkeit halber sich eher als kurzsichtig erweist, kümmert sich selten über jegliche gewissermaßen veralterte Angaben. Das Einzige, was sie interessiert, beschränkt sich auf das retrospektiv begründete Voraussagen über die Zukunft eines gegebenen Reviers. Ein „retrospektives“ Interesse kann nur der Staat, also die staatlichen Erdölbehörden, besitzen.

Was das unmittelbar Anwendbare anbelangt, so ist es zu konstatieren, daß erst mit Hilfe einer methodisch gut organisierten Kartenstatistik der Einflußradius einzelner Bohrungen, ferner die Beziehungen zwischen der Tektonik und der Produktivität gewisser Horizonte, auch ohne über elliche Verwässerungsverwicklungen zu sprechen, deutlich zu bestimmen ist.

auf eine eher retrospektive Weise. Den gegenwärtigen Stand der Ausbeute aus den tiefen Horizonten des Bibi-Eybafer Reviers behandelt Berging. S. A. Kovalewsky in Nr. 7—8 (1925) desselben Journales. Dazu ist eine treffliche Exploitationskarte und ein Normalprofil entsprechender Schichten beigelegt. Auf Grund der letztgenannten Arbeit sind wichtige Folgerungen über den weiteren Abbau des Reviers zu schließen. Diese beiden wertvollen Werke verdienen einer eingehenden Besprechung.

VII.

Das geologische Bureau.

Der Leser, der die obigen Kapitel durchgeblättert hat, hat sich ohne Zweifel eine Idee gemacht über den Umfang aller Aufgaben, die sich einem Erdölgeologen im vollen Sinne des Wortes als unentbehrlich erweisen. Es ist notwendig, alle diese Beobachtungen systematisch zu führen, um sie nachher synthetisch bearbeiten zu können. Damit wäre der praktische Zweck des geologischen Bureaus noch keineswegs erfüllt.

Wenn man erwägt, daß eine stetige Mitarbeiter-schaft des Betriebsgeologen während aller Bohr- und Exploitationsarbeiten ein ununterbrochenes und selbstverständlich ein äußerst verantwortliches Konsultieren mitführt, so muß auch darnach getrachtet werden, daß die Synthese täglich vor sich geht, ohne dem Fortschritt des Bohrens nachzustehen. Alle die oben erörterten Aufgaben lassen sich stetig und unbedingt parallel dem Materialzufluß fortführen. Auf diese Weise ist der Geologe imstande, zu einer solchen Kenntnis des Terrains und alles dessen, was dort passiert, zu gelangen, daß keine Frage, die ihm von seiten des Bohrtechnikers gestellt wird, ohne klare und maßgebende Antwort gelassen wird.

Die Tätigkeit des geologischen Bureaus läßt sich in folgende Kategorien zerlegen:

1. Das Sammeln von Gestein- und Flüssigkeitsproben und die tägliche Ausführung der Beobachtungen beim Bohren.

2. Das Bestimmen der Proben (petrographisches, bzw. chemisches).

3. Das Aufzeichnen der gesammelten Angaben.

4. Synthetische Behandlung des bearbeiteten Materials.

5. Das Archivieren und sonstige administrative Funktionen.

Es ist zweckmäßig, auf alle diese Kategorien näher einzugehen.

1. Das Sammeln von Bohrproben usw., ferner alle Messungen sind am Morgen eines jeden Tages auszuführen. Dabei werden alle Einzelheiten betreffend die geologischen Erscheinungen beim Bohren, wie auch alle technischen Mitteilungen sorgfältig gesammelt und in ein Tagebuch eingetragen. Es ist wünschenswert, daß das Probensammeln (und das Verpacken) in der Weise ausgeführt wird, daß hierauf das Klassifizieren und die Behandlung des Materials keine besonderen Änderungen in der anfänglichen Ordnung der Proben erfordert.

Am besten geschieht dies, wenn ein Mitarbeiter des geologischen Bureaus imstande ist, eine jede Bohrung täglich persönlich zu besuchen. Das, was auf diese Weise erfahren wird, kann nie durch ein Rapportschreiben ersetzt werden. Ein fortwährendes Zusammensein der Mitarbeiter des Bureaus mit dem Bohrpersoneel übt eine äußerst gute gegenseitige Wirkung aus.

Auf diese Weise wird der Bohrmeister auf eine Fülle von Einzelheiten aufmerksam gemacht und der geologische Gehilfe wird mit dem Bohrprozeß vertraut. Demungeachtet wäre ein sonstiger Rapportaus-tausch auch nicht zu verwerfen. Es wird dadurch ein wertvolles Kontrollmaterial erzielt, im allgemeinen aber stehen die offiziellen Berichte den persönlichen weit nach. Man kann dabei oft Zeuge sein, daß sich im geologischen Bureau dank der Beobachtungsfähigkeit oft ein unvergleichbares Informationszentrum bildet, was selbstverständlich der beste Beweis für die Zweckmäßigkeit des Angeführten ist.

2. Nach einer kurzen Praxis gelangt auch ein wenig geschulter Gehilfe zu einer gewissen Gewandtheit im Bestimmen von Bohrproben, die für die täglichen Bedürfnisse völlig genügend ist. Für eine spezielle Bestimmung besonders in bezug auf paläontologische Einzelheiten ist selbstverständlich die Mitwirkung des Geologen erforderlich. Anfänglich wird die Feststellung von lithologischen Typen zur persönlichen Aufgabe des Geologen, nachher aber, wenn diese schon bearbeitet und aufgeklärt worden sind, bleibt das Probenbezeichnen unter Aufsicht des Gehilfen.

Anders steht es mit den chemischen Analysen der Tiefenwässer. Dazu ist ein speziell eingerichtetes chemisches Laboratorium erforderlich. Da dergleichen Analysen oft dringend nötig sind, so muß dabei nicht nur die Genauigkeit, sondern auch eine eventuelle Beschleunigungsmöglichkeit berücksichtigt werden.

Auch bei sehr wasserreichen Lagerstätten ist, nachdem man die Kenntnis gewisser Soltypen erlangt hat, nur eine beschränkte Zahl von genauen Analysen erforderlich. In anderen Fällen kann man sich oft mit rudimentären Bestimmungen begnügen. Die mittlere Zahl der auf ein Bohrloch fallenden Analysen übertrifft selten mehr als fünf bis zehn Wasserproben. Die kostspielige Einrichtung eines Laboratoriums verursacht, daß diese am meisten unabhängig von den Firmen zentralisiert sein müssen. Ihre Existenz ist selbstverständlich nur in großen Revieren möglich.

3. Damit alle täglichen Beobachtungen ihren Dienst zweckmäßig erfüllen können, ist es unbedingt notwendig, daß sie auch täglich eingetragen und aufs schnellste aufgezeichnet werden.

Es geschieht auf diese Weise: Die des Morgens gesammelten Angaben werden unmittelbar registriert und in Diagrammen oder in die Profile eingetragen. Wie es schon im Kapitel III—IV erläutert wurde, besitzt eine jede Bohrung ihr Diagramm usw. Ein einfaches Bohrjournal ist, wie dem Leser schon bekannt

ist, nicht als genügend zu halten. Ein sorgfältig und pünktlich geführtes Bohrungsdiagramm gestattet dem Geologen, das tägliche Fortschreiten der Bohrungen zu verfolgen. Wenn ihm am Ende des Arbeitstages sämtliche Diagramme und Profile zur Verfügung stehen, so ist er erst imstande, pünktlich zu beurteilen, was in seinem Revier vorgegangen ist, ferner hat er die Möglichkeit, etliche Anfragen seitens des Grubenleiters an Ort und Stelle zu beantworten und, was oftmals zu konstatieren ist, hat er auch die Gelegenheit zu untersuchen, ob manche unerwartete und bis zum Aufzeichnen aller Angaben unbekannt gebliebene Erscheinung nicht seine Ingerenz erfordert.

4. Zur synthetischen Bearbeitung des Materials gehören alle die im Kapitel V—VI beschriebenen Untersuchungen. Da sie eigentlich zur Hauptaufgabe des Geologen selbst werden, so ist es überflüssig, sie weiter zu besprechen. In bezug auf die geologisch-statistischen Arbeiten wäre nur zu erwähnen, daß sich sowie dies bei den chemischen Laboratorien der Fall ist, auch hier als Notwendigkeit erweist, die geologisch-statistischen Hauptarbeiten, besonders in den umfangreichen Revieren, entsprechend zu zentralisieren. Dem geologischen Bureau obliegt demgemäß nur ein streng klassifiziertes Material für dergleichen Arbeiten zu sammeln. Geologisch-statistische Forschungen in einem größeren Maßstabe erfordern nämlich von seiten mehrerer Bureaus eine stetige Mitwirkung.

5. Die tägliche Ordnung von Proben, von allerlei Notizen, Rapporten usw., ferner das Bestimmen von Proben nebst den täglichen Aufzeichnungen aller im Laufe des Arbeitstages gesammelten Angaben erfordert in der Organisation des geologischen Bureaus eine besondere Aufmerksamkeit. Wenn eine strenge, ein für allemal eingeführte Ordnung nicht eingehalten wird, so hat dies einen solchen Wirrwarr zur Folge, daß dadurch der normale Lauf aller Sammel- und Bestimmungsarbeiten gehemmt, ferner das stetige Konsultieren unmöglich gemacht wird. Außerdem geht

dieses, sonst gut und sorgfältig gesammelte Proben- und Stufenmaterial immer verloren.

* * *

Wenn wir alles, was über die Funktion des geologischen Bureaus gesagt wurde, erwägen, so zeigt es sich, daß zur Erfüllung der erwähnten Aufgaben eine gewisse Anzahl von Mitarbeitern unbedingt nötig ist. Die Erfahrung lehrt uns, daß in einem neuen noch unbekanntem Revier, wo die unterirdischen Bedingungen eine besondere Aufmerksamkeit beanspruchen, die ununterbrochene Anwesenheit des Betriebsgeologen oder eines gut geschulten Geologengehilfen, der unter der Kontrolle und nach den Plänen des ersten arbeitet, unbedingt notwendig ist.

In bekannten Gegenden genügt ein Geologe für 15—20 Bohrungen. Für das Probensammeln, die Messungen und anfängliche Bestimmungen sind zwei bis drei Mitarbeiter erforderlich, was selbstverständlich von den relativen Entfernungen der sich im Betrieb befindenden Bohrungen abhängig ist. Das Profilzeichnen wird von einem Angestellten unter der Bedingung vollführt, daß die Probensammler dabei auch mitwirken. Wenn die Tätigkeit eines Bureaus rege ist, so braucht man noch einen Archivar, unter dessen Obhut sich die Sammlungen und das Archiv befinden mögen.

Es ist etwas Erstaunliches, wie rasch sich das gesammelte Material häuft. So vermehrt sich von Tag zu Tag die Anzahl verschiedener Dokumente, Bohrproben, aufgezeichneter Bohrprofile, Diagramme und Karten. Ihr Wert beruht nicht nur darin, daß sie gesammelt und einmal registriert worden sind, sondern auch darin, daß sie uns immer zur Verfügung stehen. Dies hängt immer von der inneren Organisation des Bureaus ab. Je vollkommener diese ist, desto leichter wird es dem Geologen, seine vielseitigen und verantwortlichen Aufgaben zu erfüllen.

VIII.

Allgemeine Bemerkungen.

Nachdem man nun mit den obigen Kapiteln bekannt wurde, wäre es leicht, sich eine Vorstellung zu machen, daß zur Anwendung und zur Handhabung aller beschriebener, größtenteils genug einfacher Methoden (zum Teil auch die synthetischen mitgerechnet) auch ein Nicht-Geologe durch Praxis gelangen kann.

Andererseits ist es aber nicht zu vergessen, daß ein größerer Teil der beschriebenen Beobachtungen eher geophysikalisch oder bohrtechnisch, als geologisch zu halten ist. Dementsprechend wurde auch das Ambrosesche Handbuch für den „Petroleum-Engineer“ und nicht direkt für den Geologen geschrieben.

Man kann nicht verleugnen, daß es oft äußerst schwer zu beurteilen ist, wo die Bohrtechnik endigt und die Erdölgeologie beginnt. Eine solche Diskussion wäre aber eher als dogmatisch zu betrachten. Es ist völlig gleichgültig, was für eine Stellung man, vom wissenschaftlichen Standpunkte aus betrachtet, zur modernen Erdölgeologie einnimmt. Die Hauptsache ist, daß alle Methoden, abgesehen davon, ob sie geophysikalisch, bohrtechnisch, petrographisch usw. sind, ein einziges Ziel im Auge haben. Dies ist eine vollkommene Untersuchung und quantitative Erklärung des geologischen Baues und des unterirdischen Regimes in den Erdöllagerstätten. Der Endzweck gehört also unbestreitbar der Geologie an.

Die Fülle aller Angaben, deren Sammeln so mühsam und anscheinend kostspielig ist, hat eine praktische Bedeutung, die gegenwärtig nicht mehr zu bezweifeln ist. Für den Industriellen vermindert eine derartige Arbeit das Risiko eines Mißerfolges, stellt ihm außerdem unschätzbare Angaben über den realen Wert seiner Terrains zur Verfügung und gestattet ihm auch, sein Revier planmäßig zu exploitiern. Die Produktionskosten sind nur dann festzustellen, wenn alle Einzelheiten des Bohr- und Exploitationsprozesses eine vielseitig begründete geologische Erklärung besitzen.

Selbstverständlich fällt auf den Geologen eine besondere Verantwortlichkeit, die sich nicht nur auf die berüchtigte Voraussagung der Tiefen, wo das Erdöl gefunden sein sollte, erstreckt, sondern auch in alle Einzelheiten des Bohr- und Wasserabsperungsprozesses hineinreicht.

Vieles davon, was wir hier als eine direkte Aufgabe des geologischen Bureaus erwähnt haben, könnte vielleicht aus seinem Tätigkeitskreis entnommen werden. Wenn man aber erwägt, daß nichts davon, was das Verhältnis des Bohrprozesses zu den Schichten anbelangt, vom Geologen vernachlässigt werden kann, so erweist sich eine unbedingte Notwendigkeit, dies alles entsprechend zu zentralisieren. Dazu nämlich ist ein geologisches Bureau am besten geeignet. Nur hier kann eine ununterbrochene, praktisch stetig anwendbare Untersuchung ausgeführt werden. Die Grubenkontors sind nicht einmal imstande, das Probenmaterial im modernen Sinne des Wortes in genügender Weise zu sammeln, wobei von der täglichen Bearbeitung selbstverständlich keine Rede sein kann.

Zu den synthetischen Aufgaben, die auf Grund des gesammelten Materials gelöst werden, gehören größtenteils alle Abschätzungen in bezug auf die Produktivität und das Flüssigkeitsregime gewisser Schichten. Hier findet eine eher indirekte Anwendung unserer vielseitigen Erfahrungen statt. Wie es schon hervorgehoben worden ist, gelangen wir zur genauen Kenntnis eines Erdölreviers im Ganzen oder in bezug

auf gewisse Horizonte erst dann, nachdem dort viel gebohrt worden ist. Der letzte Umstand bedeutet zugleich eine gewisse Erschöpfung des Reviers, wodurch wir dem Schein nach der Gelegenheit beraubt werden, das gesammelte Material in demselben Revier anzuwenden. Es ist aber zu betonen, daß dies nur anscheinend wahr ist. Die Anwendung findet in solchen Fällen im umfangreichsten Sinne des Wortes so indirekt als direkt statt.

Erstens verbraucht man die gesammelten Angaben während jeder Bohrung, die erst dann fehlerfrei durchzuführen ist, wenn uns das Quantitative aller Erscheinungen bekannt werden konnte. Ferner erstreckt sich dies auf die benachbarten, noch wenig erforschten Revierpartien. Für die letzten bleiben öfters die für die ersten erkannten Regeln geltend. Wenn wir dazu noch alle die indirekt auf Grund der von anderswo gut bekannten Tatsachen, lösbaren Bohr- und Exploitationsaufgaben hinzufügen, so werden diese Möglichkeitenperspektiven ungemein vergrößert. Und es ist nicht nur das Interesse gewisser größerer Unternehmungen, die dergleichen Beobachtungen indirekt anzuwenden immer Gelegenheit haben, der Staat selbst ist hier am meisten interessiert, es aufs eifrigste zu fordern.

Die absolute Notwendigkeit, eine sorgfältige Evidenz unserer Bohrerfahrungen zu führen, zeigt sich am besten durch die in obigen Kapiteln besprochenen Maßregeln. Wenn sie nicht beobachtet werden und in einem Revier alles gut geht, so fühlt man den Mangel an Beobachtungen fast gar nicht; alle Schwierigkeiten treten erst dann zu Tage, wenn sich die Ausbeute vermindert und das Tiefenwasser den Oelzufluß bedroht. In solchen Fällen erwecken alle Nebenbedingungen ein lebhaftes Interesse. Dann werden auch große Geldsummen flüssig, um kostspielige Experimenten zu unternehmen. Man gelangt auf diese Weise, wenn auch spät, zur Kenntnis der unterirdischen Bedingungen. Oft aber wird es für gewisse Horizonte oder für ganze Terrains zu spät. Räuberische

Ausbeute, nachlässiges und sorgloses Wasserabsperren haben schon ihr verwüstendes Werk getan und wenn man nachher gewisse Reviere für „erschöpft“ erklärt, so ist es in 80% einer verschwenderischen Ausbeutung zuzuschreiben¹⁹⁾. Was für Oel- und Gasmengen dabei verloren gehen, kann sich jedermann vorstellen.

* * *

Damit wäre der Hauptzweck dieser Arbeiten in praktischer Hinsicht erklärt. Es bleiben noch zwei Fragen, die sowohl mit der Erdölgeologie wie auch mit der Bohrtechnik verknüpft sind, obwohl ihr Zusammenhang mit diesen einer gewissen Erklärung bedarf. Es handelt sich 1. um die Prüfung der chemischen Beschaffenheiten des Zementes für Bohrzwecke und 2. um eine praktische Verwertung gewisser Bohrsolen für Medizinalzwecke.

1. Die Widerstandsfähigkeit des Bohrzementes ändert sich unter dem Einfluß verschiedener gelöster Gemengteile der Bohrsolen, und besonders der Sulphate. Wenn man das Wasser mit Zement abzusperren trachtet, so ist es nicht gleichgültig, es in Beziehung zu verschiedenen Soltypen zu prüfen. Diesbezüglich wurden ziemlich überraschende und die Wasserabspernung bedrohende Konsequenzen im Jahre 1923 in der Bakuer Technischen Gesellschaft besprochen. Es eröffnet für den Erdölgeologen und Technologen wichtige Perspektiven in bezug auf die gemeinsame Mitwirkung für experimentelles Prüfen verschiedener Zementsorten.

2. Es ist eine längst bekannte Tatsache, daß die Bohrgewässer sich fast ausnahmslos für gewisse Kurzwecke sehr gute eignen. Meistens sind es schwache Solen mit Cl -, CO_3 - und seltener mit einem geringen SO_4 -Ge-

¹⁹⁾ Diesbezüglich sind die von Dr. K. Friedl veröffentlichten Bemerkungen („Ueber die Aufgabe der Geologie im Bohrbetriebe auf Erdöl“, Tägl. Berichte über die Petroleumindustrie, Nr. 6, 1925) sehr maßgebend.

halt. Es fehlt hier auch nicht an wertvollen Jod- und Brombeimengungen. Die Solen sind außerdem oft mit Schwefelwasserstoff, seltener mit Kohlensäure gasiert, wobei sie oft ziemlich hohe Temperaturen besitzen. Es entsteht die Frage betreffs ihrer Utilisierung, was selbstverständlich von ihrer Menge abhängig ist. Da eine Untersuchung des unterirdischen Wasserregimes sehr eng mit der Erdölgeologie verknüpft ist, so wäre dieses Problem als eine in chemischer und hydrologischer Hinsicht erweiterte Aufgabe zu betrachten.²⁰⁾

* * *

Abgesehen von den mannigfaltigen und lohnenden praktischen Zwecken besitzen die angewandt geologischen Untersuchungen eine tiefreichend theoretische Bedeutung. Bei der Erdölgeologie ist immer die letzte mehr oder weniger mit der praktischen verwandt. Nie ist ein reicheres und mehr kontrollierbares Material zu sammeln und nirgends finden die rein wissenschaftlichen Untersuchungen eine umfangreichere Anwendung wie bei der Erdölgeologie.

Um die Uebersicht dergleichen Probleme inwie-

²⁰⁾ Wie allgemein bekannt, sind die aus den Bohr-
löchern emporkommenden Solen fast immer methanhältig.
Auch treffen sich hier kleine Beimengungen von Erdöl zu.
Diese beiden machen das Wasser unnützlich, sie verschwin-
den leider nur bei den heftigsten Wasserspringern.

Anders steht es mit den Tiefenwässern (edge-water der
amerikanischen Geologen). Wenn in der zentralen Sattelpartie
ein reichlicher Wasserzufluß konstatiert wurde, so wird der-
selbe noch stärker, wenn wir uns gegen die Sattelperipherie,
also in der Richtung der Synklinalen entfernen. Die Solen
können in solchen Fällen völlig öl- und methanfrei werden.
Selbstverständlich braucht die Frage noch eine nähere Unter-
suchung. Außerdem wäre nicht zu vergessen, daß es sich
hier um eine hohe tägliche Ergiebigkeit solcher Quellen
handelt. Dies kann nur durch eine eingehende Untersuchung
festgestellt werden.

Es ist zu wundern, daß trotzdem diese Eigenschaft
der Bohrsolen so wenig von ihrer Anwendung zu medizini-
schen Zwecken bekannt ist. Dies wäre dem Umstand zu ver-
danken, daß die meisten Oelreviere in wilden und öden Ge-
bieten gelegen sind. Doch werden entsprechende Eigen-
schaften gar rasch bekannt und das anströmende Wasser
wird oft vom Grubenpersonal benützt.

fern sie uns nicht dogmatisch erscheinen mögen, zu erschöpfen, wäre noch eins zu erörtern. Es ist eine längst gut bekannte Tatsache, daß für einen Geologen, wie hoch auch seine theoretischen Kenntnisse stünden, eine langwierige Praxis in entsprechenden Erdölrevieren unbedingt erforderlich ist. Wiewohl das Material nicht leicht zugänglich und im wesentlichen nicht einfach wäre, verlangt das Quantitative des Konsultierens von seiten des Forschers eine besondere Kenntnis der lokalen Bedingungen.

„Mutatis mutandis“ wird oftmals angetroffen, daß Leute, die eine Zeitlang in gewissen Terrains gearbeitet haben und zu einer praktischen Kenntnis derjenigen gelangt sind, Geologen zu sein glauben. Wie schon oben erwähnt wurde, sind die angewandten geologischen Forschungen ziemlich weit von der Geologie entfernt. Sie gehören eher der „Betriebsgeologie“ an, die, abgesehen von den theoretisch geologischen Studien dabei noch eine gewisse Kenntnis der Bohrtechnik erfordert. Dennoch kann man keineswegs leugnen, daß, wie schon C. Craig einst in seinem „Oil Finding“ so gut bemerkt hat, die Erdölgeologie ein Gebiet ist, wo manchmal auch ein Laie viel leisten kann, er braucht die Erscheinungen nur mit entsprechendem Fleiß zu studieren. Seine Mitwirkung wird nie ohne Nutzen für die Erdölindustrie sein, besonders wenn er sich Mühe gibt, z. B. als Berufsbohrtechniker dem Geologen bei seinen Forschungen zu helfen.

Es sind viele Fälle bekannt, wie geologisch nicht gebildete Praktiker manche Probleme nicht schlechter als der Geologe selbst zu lösen wußten. Ihre Kenntnisse reichen aber nicht weiter, als es ihre Praxis erlaubt. Wenn sich also eine Verwicklung zeigt, die sie noch nicht von anderen erklärt gehört haben, hört auch ihre Kompetenz auf. Man weiß gut, daß sich auch in den reichlich erbohrten, trefflich bekannten und dabei einfach gebauten Revieren²¹⁾ Störungen an-

²¹⁾ Ein eklatantes Beispiel ist aus den Bakuer Erdölfeldern zu entnehmen. Im Jahre 1923 wurden mehrere Bohrungen im Schüttland von Bibi-Eybat angelegt. Das Revier

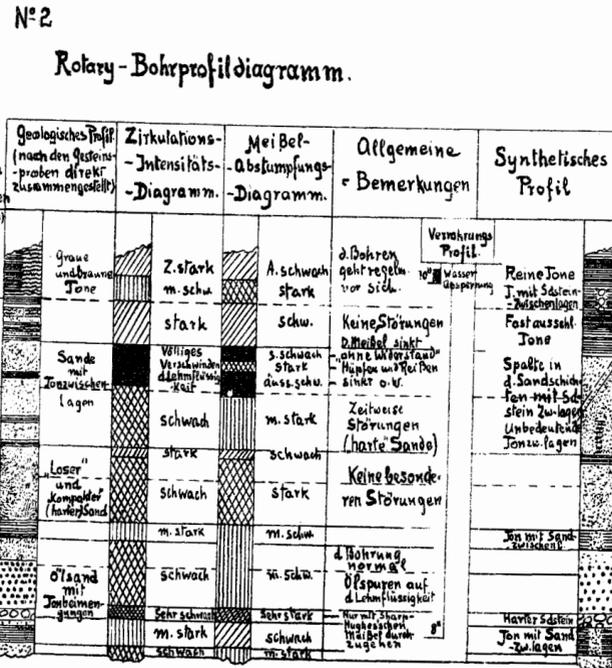
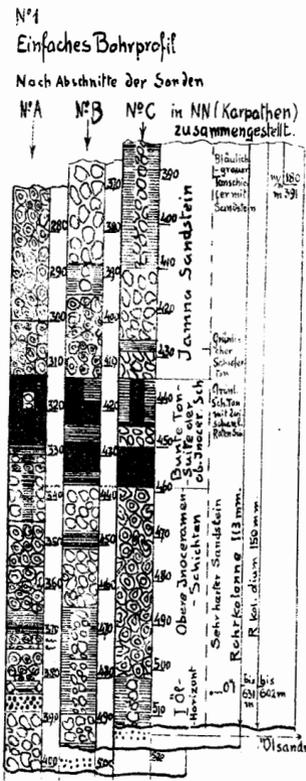
treffen, für welche eine fachmännische Untersuchung unentbehrlich erscheint.

Und in solchen Fällen gewinnt das Theoretische immer die Oberhand.

ist seit Jahren ein Gegenstand eingehendster Forschungen gewesen. Darüber sind auch mehrere klassische Arbeiten, wie z. B. die Monographien von Golubiatnikow, Kowalewsky und anderer, veröffentlicht worden. Obwohl der Sattelbau einfach ist, zeigten sich bisher noch unbekannte Störungen, die erst nach einer lebhaften Diskussion als die durch Existenz fossiler Schlammvulkankanäle hervorgerufenen Abnormitäten anerkannt wurden. (Vgl. Baku Journ. Aserb. Nepht. jan. Khosiaystwo, Jahrg. 1923—24.) Obwohl für Bibi-Eybat glänzende Struktursynthesen längst existieren und die nächsten Parzellen im modernsten Sinne des Wortes erforscht sind, war diese Störung überraschend. Es ist aber eine Ausnahme. Viel wichtiger sind die mit rein stratigraphischen Ursachen verknüpften Verwicklungen. Diese machen die Arbeit auch in einfach gebauten Terrains äußerst schwer. Um sie zu verstehen und vorauszusehen, genügt eine Laienpraxis nicht.

Dr. Stanislaw Zuber, Lwów (Polen).

Zur geologischen Praxis in der Erdölindustrie.

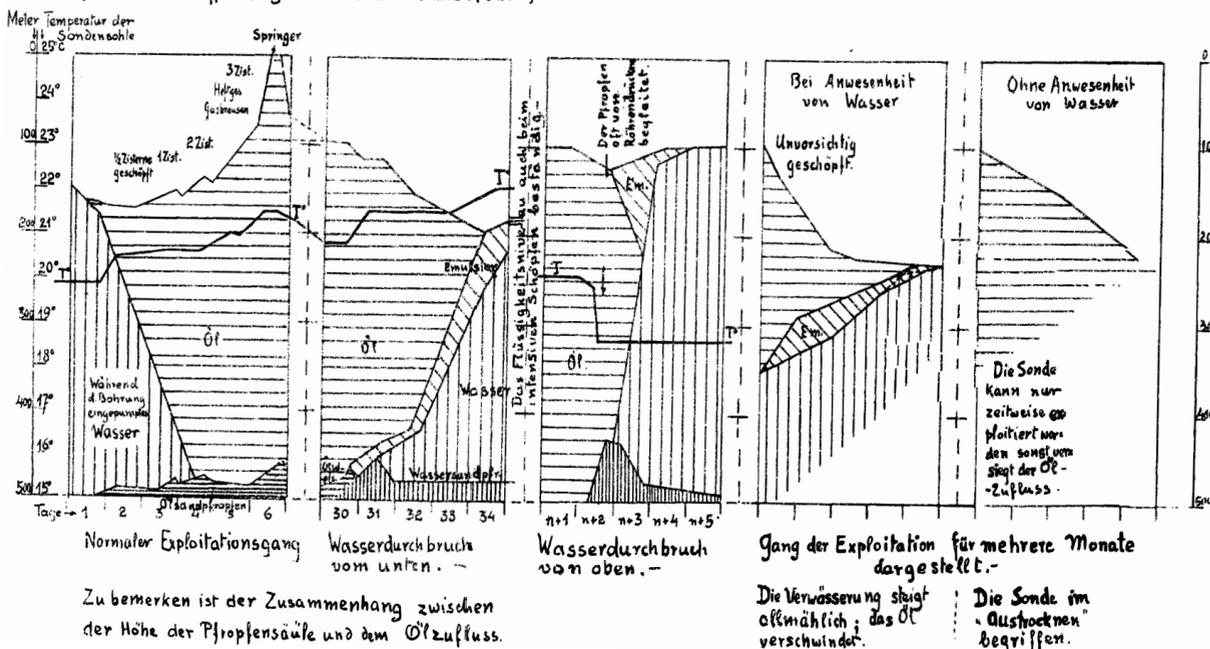


= Zeichenerklärung

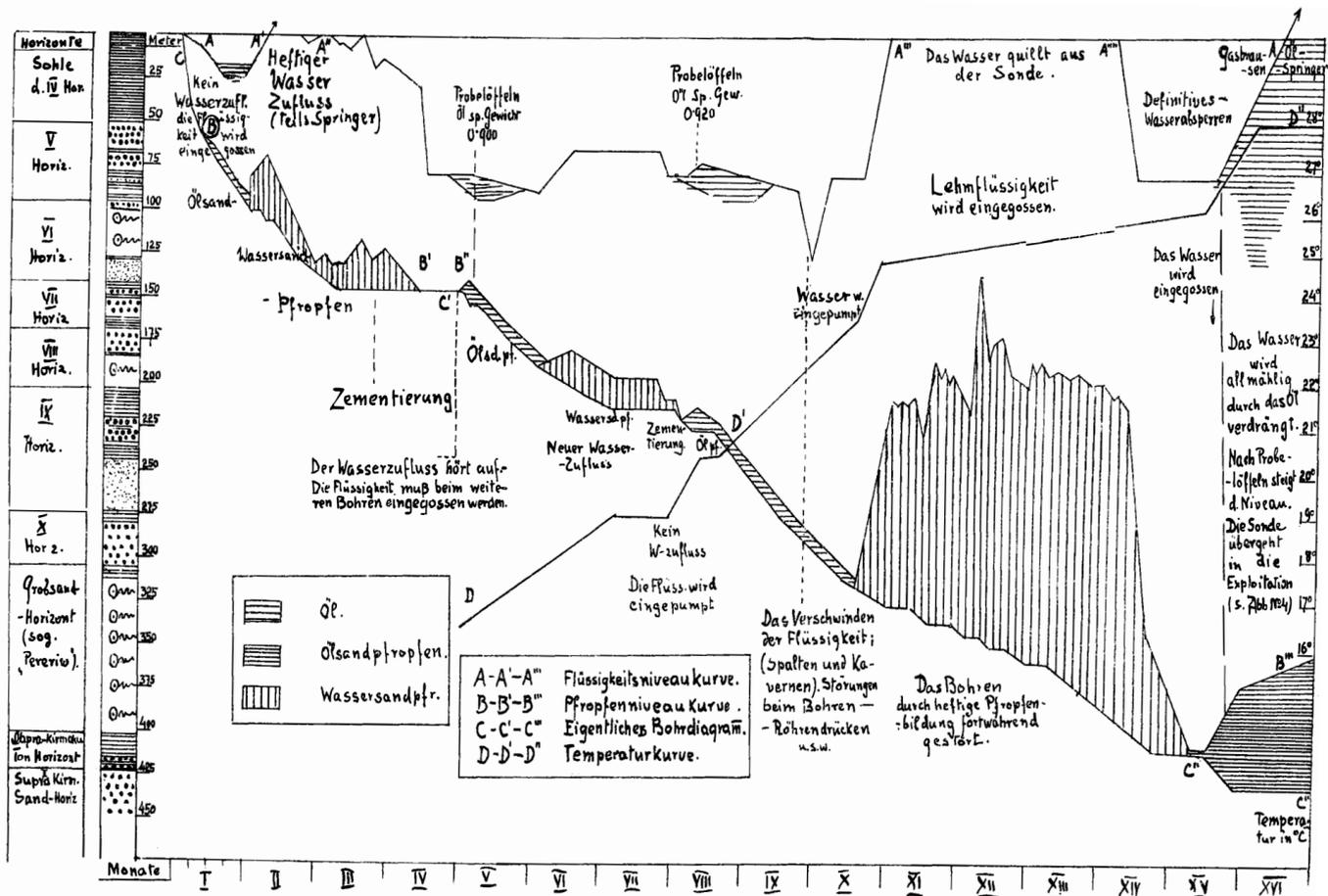
Zirkulations-Intensität	Maßelabsumpfung
stark	schwache
mittel / starke / schwache	mittel / schwache / starke
schwache	starke
äußerst schwache (bis zum völligen Verschwinden d. Lehmflüssigkeit)	sehr schwache

Das Diagramm wurde nach der Sonde N^o10/7340 und den benachbarten Bohrlöchern im Szurachany-Terrain (bei Baku) zusammengestellt.

N^o4 Schematisierte Exploitations-Diagramme
(Nach den Probelloffeln-Angaben zusammengestellt) —



N^o3 Bohrungs-Diagramm.



Beispiels- und annäherungsweise für ein Freifallbohren in den mittleren Schichten der Baku produktiven Schichtenfolge (für d. Bakchany-Terrain) zusammengestellt. Der Maßstab ist entsprechend verkleinert worden und der Verlauf der Kurven schematisiert. So wurden außerdem die Hauptmomente der Bohrung und des Wasserabsperrens alle möglichen Störungen berücksichtigt gelassen. In der Praxis ist der Tiefenmaßstab 1:1000 und der Zeitmaßstab 1-2 cm pro Tag zu wählen.

Abb. N^o5

