

Es wird hier vor allem eine intensive Verknüpfung der seismischen und nichtseismischen Methoden mit der Geologie sowie den allgemeinen erdölgeologischen Erfahrungen, auch hinsichtlich der KW-Entstehung, vorgenommen.

Die Interpretation ist, wie der Ausdruck anzeigt, komplex, denn nicht immer werden die zur Verfügung stehenden Unterlagen der einzelnen geophysikalischen Methoden eine eindeutige Lösung anbieten. Gerade diese auftretenden verschiedenen Deutungsmöglichkeiten werden bei dieser Interpretationsmethode verglichen und sind dann Anlaß, eine vorsichtiger Darstellung zu geben. Hingegen erbringen Ergebnisse verschiedener Meßmethoden, die sich weitgehend decken, die optimalen Voraussetzungen für eine gesicherte Interpretation. Die Komplexinterpretation kann durch geologische Modellvorstellungen noch unterstützt werden. Grundsätzlich gilt es sie dort heranzuziehen, wo es

um die Ergebnisfindung in geologisch schwierigen Gebieten bzw. um den KW-Direktnachweis geht. Zusätzlich werden mathematisch-statistische Ergebnisse in die Komplexinterpretation miteinbezogen. Zusammenfassend gilt: je besser die Übereinstimmung der einzelnen Methoden, umso verlässlicher die Beurteilungsqualität.

Literaturauswahl für das Hauptkapitel II.2.5.:

ABBOTT, W. O. 1985; ANSTEY, N. A. 1976; BÖCKH, H. v. 1917; DOHR, G. 1989; FABISCH, R. 1989; FIGDOR, H. & SCHEIDEGGER, A. E. 1977; FRIEDL, K. & KANTAS, K. 1959; GANGL, G. 1974; KANTAS, K. 1961; KRAJEWSKI, P. 1990; KRUG, V., BAUM, G. & WINDGASSEN, W. 1981; MEYER, H. G. 1985; PETRASCHECK, W. 1922; REICH, H. 1947 und 1960; ROBINSON, D. & ZIMMER, W. 1989; SACHS, B., GUTDEUTSCH, R., ZYCH, D., SEIBERL, W. & STRAUSS, U. 1989; SCHUMANN, R. 1922; WEIGL, M. 1982; WINKLER, G. R. & CASSELL, B. R. 1989; ZYCH, D. 1988.

## II.2.6. Geochemische Prospektion

von Franz SCHMIDT

### II.2.6.1. Einführung

In der Exploration auf Öl und Gas ist eine enge Zusammenarbeit zwischen den einzelnen geowissenschaftlichen Disziplinen unerlässlich. Die nachfolgend im einzelnen dargestellten Methoden verlangen verschieden starkes Einfließen anderer als rein geochemischer Interpretationen. Es gibt kein Idealrezept für Explorationsstrategien. Dies soll auch hier nicht aus der Abfolge der Methodenbeschreibung herausgelesen werden. Jedoch gilt, daß in verschiedenen Explorationsstufen entsprechend dem zunehmenden Wissen um das explorierte Gebiet nach und nach verschiedene Methoden zum Einsatz kommen.

Geochemische Untersuchungen im explorativen Anfangsstadium können sein:

- Untersuchungen von Öl- und/oder Gasanzeichen (seeps), das sind in der Natur an der Erdoberfläche vorkommende, auch ohne chemische Analy-

sen erkennbare Kohlenwasserstoffe (siehe auch Kapitel II.2.1.).

- Oberflächenbeprobungen von Böden und Gesteinen sowie Untersuchung derselben auf Kohlenwasserstoffanzeichen
- Muttergesteinseigenschaften von Gesteinsproben überprüfen
- Erstellen von geologischen Beckenentwicklungsmodellen (basin modelling).

Bohrungen werden begleitend geochemisch untersucht:

- Kohlenwasserstoffanzeichen, Muttergesteinseigenschaften und Reife werden analysiert.
- Mit diesem Wissen kann die geochemische Anfangsvorstellung eines Gebietes, falls notwendig, korrigiert werden und ein genaueres Basin Modelling durchgeführt werden.

In weiterer Folge müssen Öl- und Gasfunde mit entsprechenden Muttergestei-

nen bzw. die Öle und Gase untereinander in genetische Verbindung gebracht werden. Hier spricht man von

- Korrelationsuntersuchungen. Das Wissen über Herkunft und Migrationswege von Öl und Gas wird durch Korrelationsuntersuchungen erst ermöglicht.

### II.2.6.2. Methoden

#### Öl- und Gasanzeichen

Wie im Kapitel II.2.1. in diesem Buch ausgeführt, wurde durch Kohlenwasserstoffaustritte an der Erdoberfläche das Interesse an diesem Rohstoff geweckt. Beobachtung und Untersuchung von natürlichen Öl- und Gasvorkommen gehören zu den ersten Schritten in der Exploration. Die Art der Kohlenwasserstoffe wird ermittelt, nämlich ob es sich um Verunreinigungen handelt (z. B. ausgelaufenes Öl aus Fahrzeugen, Maschinen etc.) oder um natürliche Kohlenwasserstoffe. Deren Entstehung und Migration bis zum Obertageaustritt muß geologisch und geochemisch hinterfragt werden.

#### Bodenproben

Abgesehen von den auf Grund der Austrittsmengen offensichtlich gewordenen Seeps können geringere Mengen an Kohlenwasserstoffen in Bodenproben auch durch entsprechende chemische Analytik nachgewiesen werden. Dabei kommen Messungen der abgesaugten Bodenluft zur Feststellung gasförmiger Kohlenwasserstoffe (Bodengasmessungen) von  $\text{CH}_4$  bis  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  (Methan bis Pentan) sowie von flüssigen Kohlenwasserstoffen (höhere als  $\text{C}_5$ -Verbindungen) zum Einsatz. Darüber hinaus können auch geochemische Untersuchungen der an die Gesteins- und Mineraloberflächen gebundenen Kohlenwasserstoffe (adsorbierte Gase) durchgeführt werden. Über Lagerstätten, bzw. auch in mehr oder weniger großer Entfernung davon, können an der Oberfläche mittels chemischer Analytik unter Umständen Spuren von Kohlenwasserstoffen festgestellt werden. Kein Reservoir ist hundertprozentig dicht, die Abdichtung einer Lagerstätte ist oft nur eine Schicht von nicht

sehr großer Mächtigkeit mit sehr geringer Durchlässigkeit. Durch flächenmäßige Beprobung und Analytik kann für ein Gebiet eine Verteilungskarte der Kohlenwasserstoffmengen und anderer Eigenschaften erstellt werden. Positive Anomalien in den Verteilungskarten können Hinweise auf Öl- und Gasvorkommen sein.

#### Oberflächen-Gesteinsproben

Um eine Vorstellung über die Beschaffenheit der Gesteine im zu explorierenden Untergrund zu bekommen, werden die vergleichbaren obertage anstehenden Gesteine herangezogen. Zur Bestimmung der Muttergesteinseigenschaften werden möglichst unverwitterte Proben von bevorzugt dunklen, feinklastischen, meist tonigen Gesteinen bzw. von dunklen Kalken gezogen. Diese Proben werden auf ihren Gehalt an organischem Material ( $C_{\text{org}}$ ) bzw. mittels Pyrolyse auf ihr Öl- und Gas-Bildungspotential untersucht. Werden diese Gesteine auch im Untergrund erwartet, können ihre für die Erdöl- und Erdgasexploration relevanten Eigenschaften annähernd vorausgesagt werden. Damit hat man Hinweise auf das Kohlenwasserstoff-Bildungspotential eines Gebietes.

#### Geochemische Bohrungsauswertung

Bei Bohrungen auf Öl oder Gas wird neben anderen Untersuchungen auch meist eine begleitende organisch-geochemische Analytik durchgeführt. Es wird laufend auf Kohlenwasserstoffanzeichen überprüft (siehe Kapitel II.3.2. und II.3.5.). Bei positiver Indikation ist ein erster Hinweis auf eventuelle Reservoirs oder Migrationsbahnen gegeben. Weiters werden die Muttergesteinseigenschaften der Gesteine untersucht. Dabei wird der Gehalt an organischem Kohlenstoff bestimmt. Ein Muttergestein liegt dann vor, wenn im Gestein neben anderen Eigenschaften der Gehalt an organischem Kohlenstoff ( $C_{\text{org}}$ ) größer als 0,8 % ist. Mit der Durchführung der Pyrolyse kann auf die Qualität des organischen Materials sowie auf das Kohlenwasserstoff-Bildungspotential des Muttergesteins und auf dessen Reife (Maturität) ge-

geschlossen werden. Die „Reife“ eines Gesteines beinhaltet die Summe irreversibler Veränderungen der organischen Substanz im Gestein auf Grund der Einflüsse von Zeit, Druck und insbesondere Temperatur.

Durch diese Untersuchungen, die auch „screening analysis“ genannt werden, wird ein Überblick über die geochemischen Eigenschaften der während einer Bohrung durchteuften Schichten erhalten. Diese Datenbasis dient als Ausgangsmaterial für weitere, mehr zeit- und kostenintensive Untersuchungen.

### II.2.6.3. Basin Modelling

Die Öl- und Gasgenese ist abhängig von der zeitlichen und temperaturmäßigen Beanspruchung des organischen Materials in einem Muttergestein. Auch die Art und Menge des organischen Materials in einem Gestein ist ausschlaggebend dafür, ob die Genese bei ausreichenden Zeit- und Temperaturbedingungen früher oder später als bei anderen Muttergesteinsqualitäten oder überhaupt einsetzt (siehe auch Kapitel II.1.1.–II.1.5.).

Wenn die Reifung des organischen Materials weit genug fortgeschritten ist, werden aus dem organischen Ausgangsmaterial Kohlenwasserstoffverbindungen gebildet. Wenn in weiterer Folge die Menge des neugebildeten Materials einen Schwellenwert überschreitet, können diese Kohlenwasserstoffe aus dem Muttergestein abwandern. Im Zusammenhang mit geologischen Vorgängen ist es wichtig zu wissen, zu welchem Zeitpunkt die Genese im Muttergestein einsetzte. Um neugebildetes Öl und Gas in entsprechenden Fallen einfangen zu können, müssen eben Migrationsbahnen und Fallen bereitstehen. Wenn das nicht der Fall ist, entweichen die Kohlenwasserstoffe in die Atmosphäre oder an die Erdoberfläche, bzw. werden über weite Bereiche verteilt und können dadurch keine wirtschaftlichen Akkumulationen bilden. Daher kann ein Gebiet nur als prospektiv gewertet werden, wenn das zeitliche Zusammenspiel von Genese und Fallenbildung im Einklang steht. Die Frage nach dem Zeitpunkt der Genese kann mit Basin Modelling beantwortet werden. Für Basin Modelling muß ein geologisches Modell des Untersu-

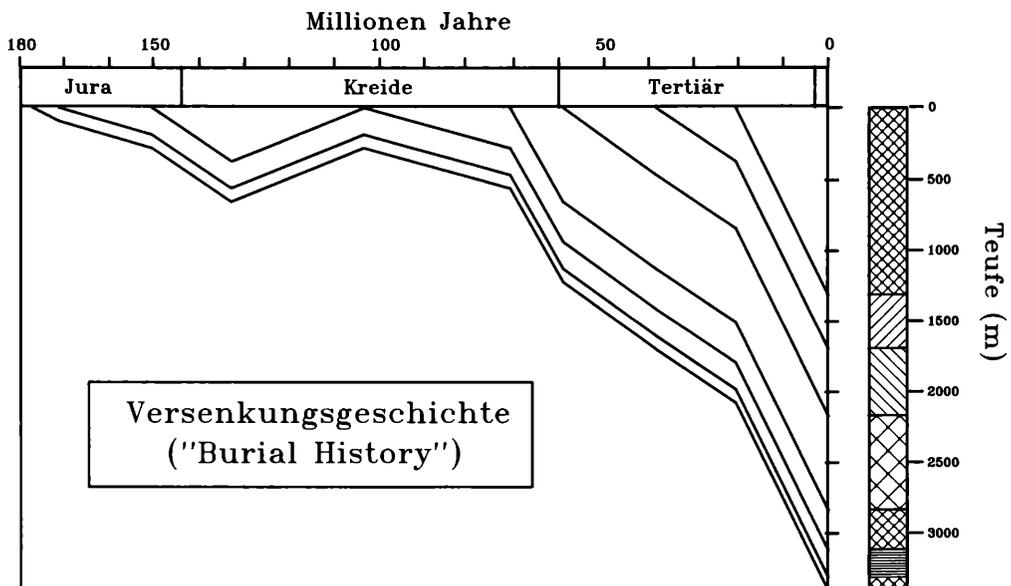


Abb. 51. Die Versenkungsgeschichte einer Lokation wird als Zeit/Teufe-Diagramm erstellt. Phasen geringer und starker Absenkung treten deutlich hervor.

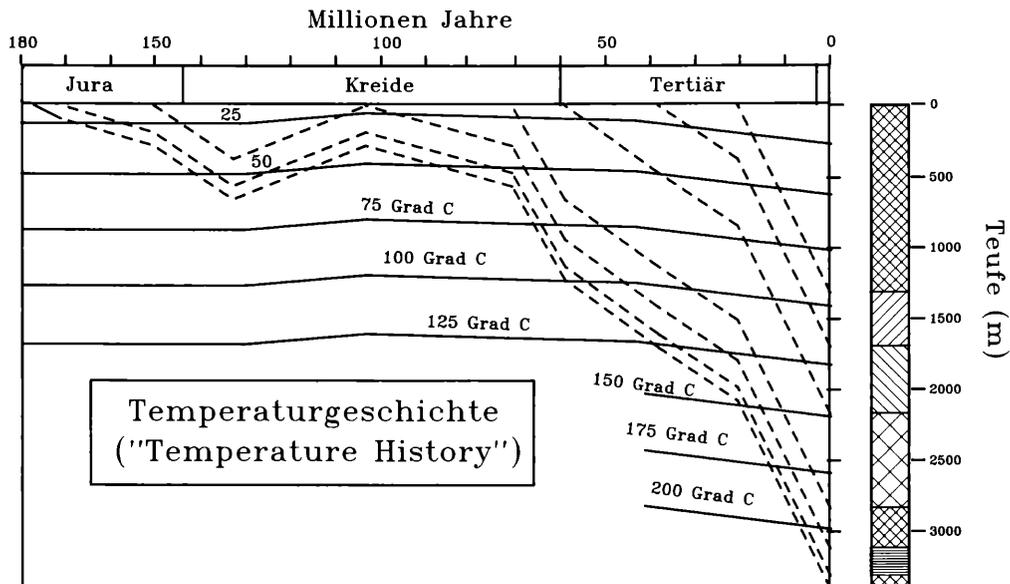


Abb. 52. Die Temperaturen der jeweiligen Tiefe während der geologischen Geschichte werden der ‚Burial History‘ überlagert. Damit können die Verweilzeiten der Schichten in den entsprechenden Temperaturregimes erkannt werden.

chungsgebietes erstellt werden. Die Paläogeographie und alle weiteren Informationen der geologischen Vergangenheit, wie tektonisches Regime, sedimentäres Environment, Wärmefluß, Oberflächentemperaturen, Lithologie etc. stellen die Grundinformationen dar. Damit wird eine Versenkungsgeschichte (Abb. 51; „burial history“) und eine Temperaturgeschichte (Abb. 52; „temperature history“) des Untersuchungsgebietes errechnet. Weiters sind möglichst genaue Angaben zu den organisch-geochemischen Eigenschaften potentieller Muttergesteine bereitzustellen. Mit der ermittelten Versenkungs- und Temperaturgeschichte kann im Zusammenhang mit den geochemischen Informationen die Entstehung von Öl und Gas im Verlauf der geologischen Geschichte des gegenständlichen Gebietes errechnet werden (Abb. 53, 54). Es können Aussagen über die Art und Menge der gebildeten Kohlenwasserstoffe getroffen werden. Bei entsprechender regionaler Betrachtung können auch Hinweise auf die Migrationsrichtungen gegeben werden.

Dieses Explorationswerkzeug „Basin Modelling“ kann in den verschiedenen

Stadien der Exploration eingesetzt werden. Je besser und genauer die Eingaben zum geologischen Modell werden, desto genauere Voraussagen für weitere Explorationsstufen können damit erfolgen.

#### II.2.6.4. Korrelationsuntersuchungen

Diese dienen dazu, genetische Zusammenhänge zwischen verschiedenen Ölen und Gasen bzw. zwischen diesen und ihren Muttergesteinen herauszufinden. Es werden dabei möglichst viele chemische und physikalische Eigenschaften von den zu korrelierenden Proben untersucht. Zum Beispiel werden bei Ölen und flüssigen Extrakten aus Gesteinen relative Mengen einzelner Öl-Komponentengruppen miteinander verglichen. Gaschromatogramme und verschiedene daraus errechenbare Verhältniszahlen sind weitere Korrelationsparameter. Die Ergebnisse von massenspektrometrischen Untersuchungen (Abb. 55) sind sehr hilfreiche Informationen bei Korrelationsproblemen. Dabei werden die chemischen Verbindungen nach dem Verlassen des Gaschromatographen (GC) entsprechend ihren Mole-

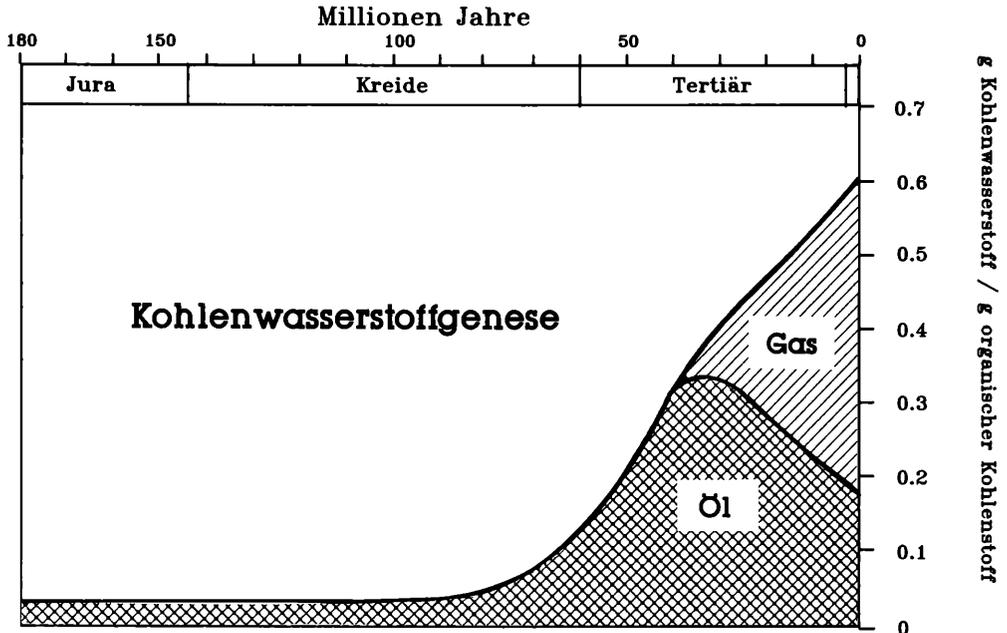


Abb. 53. Entsprechend den aus Versenkungs- und Temperaturgeschichte ermittelten Bedingungen kann mittels chemischer Reaktionskinetik die Menge der dadurch gebildeten Kohlenwasserstoffe errechnet werden.

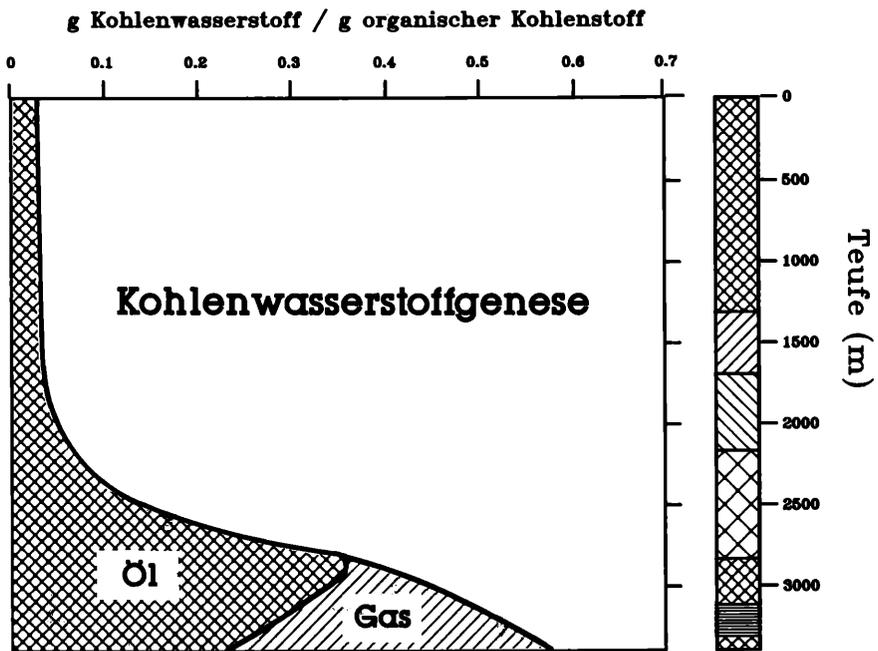


Abb. 54. Das für rezent errechnete Ölfenster (Kohlenwasserstoffmenge über der Tiefe) muß mit den Daten der entsprechenden Bohrung übereinstimmen, wenn die Eingabeparameter des Modells richtig sind.

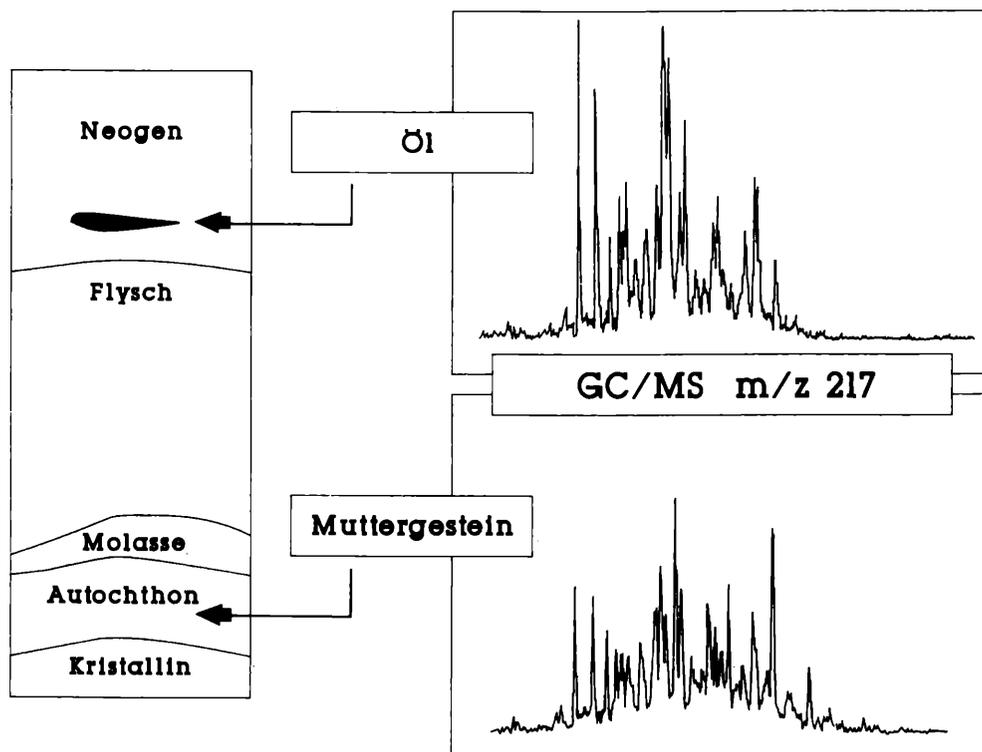


Abb. 55. Korrelationsuntersuchung mittels GC/MS: Die Kurven des Öls und des Muttergesteins zeigen in beiden Proben Vorhandensein relevanter Verbindungen in vergleichbaren Relationen. Daher kann das Öl dem darunterliegenden Muttergestein zugeordnet werden.

külmassen im Massenspektrometer (MS) erfaßt: „GC/MC“ = Gaschromatographie kombiniert mit Massenspektrometrie (siehe auch Kapitel VI.1.5.).

Bei Gasen, in welchen hauptsächlich H- und C-Atome vorkommen, spielt die Isotopenanalytik eine große Rolle. So kann etwa bei einem Gas aus dem Verhältnis der  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ -Isotopen darauf geschlossen werden, ob es biogener Herkunft ist (durch Bakterien sehr früh nach der Ablagerung der Sedimente gebildet) oder mit Erdölbildung in Zusammenhang steht (Kapitel II.1., Abb. 10). Das Wissen um die Herkunft von Kohlenwasserstoffen bzw. über deren genetische Zusammenhänge untereinander ist für die Exploration von großer Wichtigkeit.

#### Literaturauswahl zu Hauptkapitel II.2.6.:

- BURRUS, J. 1986; GERHARD, J. 1989; ISAKSEN, G. H. 1991; JONES, V. T. & DROZD, R. J. 1983; LADWEIN, H. W., SEIFERT, P. & SCHMIDT, F. 1989; MACKENZIE, A. S. 1984; MEINHOLD, R. 1980; NEUGEBOREN, H. J. & GERMAN, D. 1989; PHILP, R. P. 1987; RENTZSCH, J., PILLATZKE, L., SCHULZE, W. & BIRKE, M. 1983; RENTZSCH, J., SCHULZE, W., BIRKE, M., MÜLLER, H., EICHBERG, M. & PILLATZKE, L. 1985; SASSEN, R. 1985; SAUNDERS, D. F. & TERRY, St. A. 1985; SCHMIDT, F. & ERDOGAN, L. T. 1991; SIEGEL, F. R. 1974; SIMANEK, V. 1974; SOKOLOV, W. A. 1955; STAHL, W., FABER, E., CAREY, B. D. & KIRKSEY, D. L. 1981; UNGERER, P. 1989; VÖLZ, H. & SCHWARTZ, W. 1962; WAPLES, D. W. 1984; WELTE, D. H. & YALCIN, M. N. 1988; YÜKLER, M. A. 1987; YÜKLER, M. A. & KOKESH, F. 1984.