

dung 17 zeigt eine geologische Struktur, welche für aufsteigendes Öl rein geometrisch keine Falle darstellt. Durch entsprechend starke Hydrodynamik aber wird das aufsteigende Öl zurückgehalten und es kommt dadurch zu einer Akkumulation.

Der Großteil der Lagerstätten kommt jedoch durch Kombinationsfallen zustande. Meist spielen mehrere der vorstehend er-

wähnten Komponenten bei der Bildung von Reservoirs eine Rolle.

Literaturauswahl für das Hauptkapitel II.1.5.:

BECKMANN, H. 1976; CANT, D. J. 1986; NORTH, F. K. 1985; PERRODON, A. 1983; RÜCKHEIM, J. 1991; SCHOTT, W. 1984a; TISSOT, B. & WELTE, D. H. 1984; WARDLAW, N. C. 1980; WIESENER, H. 1980.

## II.1.6. Veränderungen von Kohlenwasserstoffen

von Werner LADWEIN und Franz SCHMIDT

Mit der Entstehung von Öl und Gas aus Kerogen oder Bitumen ist kein endgültiger Zustand in der chemischen und strukturellen Entwicklung dieser Phasen erreicht. Laufend erfolgen weitere Veränderungen der Zusammensetzung und dies sowohl beim Ausstoßen aus dem Muttergestein als auch während der Migration und erst recht in der Lagerstätte selbst.

### II.1.6.1. Veränderungen bei der Migration

Sobald Erdöl im Zug der Genese aus dem Muttergestein ausgestoßen wird, beginnen bereits die ersten Veränderungen. Polare Verbindungen (Verbindungen, welche eine elektrische Ladung aufweisen), in erster Linie die sogenannten NSO-Verbindungen, treten auf Grund ihrer Ladung mit anderen Ladungsträgern wie Mineraloberflächen und auch mit Wassermolekülen in Wechselwirkung und werden dadurch auch festgehalten. Dies ist der Grund, warum diese Verbindungen nicht so effizient aus dem Muttergestein ausgestoßen werden, wie die Kohlenwasserstoffe selbst.

Nach der Expulsion kommt es zur sekundären Migration. Auf dem Weg durch die Migrationsbahnen kann es bereits zu einem chromatographischen Effekt kommen. Das bedeutet, daß wiederum die polaren Verbindungen stärker mit dem Porenwasser und mit Mineraloberflächen in Wechselwirkung treten und dadurch verstärkt zurückgehalten werden. Auch bei den Kohlenwasserstoffen selbst kann es

zu chromatographischen Effekten kommen. Dabei werden die aromatischen Verbindungen stärker zurückgehalten als die naphthenischen und diese wiederum stärker als die Paraffine. Viele unterschiedliche Zusammensetzungen von Ölen können diesen Effekten zugeschrieben werden. Die Folge sind Geringerwerden der Dichte, Verminderung der relativen Menge der NSO-Verbindungen, relative Zunahme der gesättigten Kohlenwasserstoffe im Vergleich zu Aromaten und NSO-Verbindungen, weiters eine Verminderung des Schwefelgehaltes ebenso wie Verminderung des Gehaltes an Nickel, Vanadium und Porphyrinen, da diese Elemente und Verbindungen hauptsächlich in der Gruppe der NSO-Verbindungen zu finden sind.

Durch Abfall von Druck und Temperatur während der Migration kann es zu Phasenveränderungen kommen. Kohlenwasserstoffe enthalten anfänglich oft große Mengen „leichter Komponenten“ (Verbindungen mit geringem Molekulargewicht und niederem Siedepunkt; z. B. Methan, Äthan, usw.). Durch Veränderung von Druck und Temperatur (Geringerwerden durch Migration in strukturell höhere Positionen) wird dieses Gemenge in eine flüssige und eine gasförmige Phase aufgeteilt. Sobald zwei Phasen vorliegen (Öl und Gas), wird das Gas bedingt durch seinen größeren Auftrieb rascher in strukturell höhere Positionen wandern. Daher wird in Reservoirs, in welchen Öl und Gas vorliegt, das Gas als „Gaskappe“ über dem Öl vorliegen, wenn das Öl gasgesättigt

ist. Sobald eine ursprünglich gemeinsame Phase durch eine druck- und temperaturbedingte Teilung in zwei getrennten Phasen vorliegt, kann nicht mehr auf die Zusammensetzung der Ausgangsphase geschlossen werden.

### II.1.6.2. Veränderungen in der Lagerstätte

Weitere Veränderungen von Kohlenwasserstoffen treten bevorzugt in den Lagerstätten selbst auf. Diese Veränderungen werden unter dem Begriff der Degradation zusammengefaßt. Dabei können

thermisch beeinflusste und

nicht thermisch beeinflusste Prozesse unterschieden werden. Thermisch beeinflusst ist „cracking“; nicht thermisch beeinflusst sind „water washing“ und Biodegradation.

## Folgen der BIODEGRADATION

- Gase (C<sub>1</sub> - C<sub>6</sub>) ↘
- GOR (Gas / Öl Ratio) ↘
- Gasoline Range (C<sub>6</sub> - C<sub>16</sub>) ↘
- Dichte ↗
- Viskosität ↗
- C<sub>16</sub>+ Verbindungen
  - Alkane ↘
  - Aromaten ↘
  - NSO Verbindungen ↗
  - Asphaltene ↗
- S - Gehalt ↗
- N - Gehalt ↗
- V - und Ni - Gehalt ↗
- Stockpunkt ↘
- delta <sup>13</sup>C
  - Gesamtöl ↗
  - Alkane ↗
  - Aromaten ↘
  - Asphaltene ↘
- Änderung des Öltyps
  - paraffinisch → naphthenisch
  - Kondensat → Leichtöl

Abb. 18. Zusammenstellung der Veränderungen von Öl- und Gaseigenschaft im Zuge von Biodegradation

Durch Cracken werden bei erhöhten Temperaturen große Moleküle in kleinere zerbrochen. Dadurch werden schwere Öle in leichtere Öle umgewandelt. Dabei sinkt die Dichte ebenso wie die Viskosität des Öles.

Somit wird ein Öl bei Temperaturen über ca. 100° C (abhängig von der Zeitdauer der erhöhten Temperatur) nach und nach durch Cracken verändert. Öl in Lagerstätten mit sehr hoher Temperatur (ca. 120° C) kann nur als normales unverändertes Öl vorgefunden werden, wenn es erst seit kurzer Zeit dieser hohen Temperatur ausgesetzt ist und daher die Veränderungen durch Cracken noch nicht zum Tragen gekommen sind. Cracken führt mit zunehmender Zeit und/oder Temperatur zu immer leichterem Öl, dann zu Kondensat, Naßgas (Gas mit weniger als 95 % Methan) und letztlich zu trockenem Gas (fast ausschließlich Methan).

Water washing und Biodegradation führen zu starken Veränderungen von Lagerstätteninhalten und erfolgen meist gleichzeitig. Für beide Aktionen ist der Einfluß von Wasser notwendig, daher sind diese Degradationserscheinungen häufiger, je seichter die Lagerstätten angeordnet sind.

Water washing führt zu einem Entfernen der in Wasser löslichen Verbindungen des Öls. Generell gilt, daß die leichten Kohlenwasserstoffe leichter im Wasser gelöst und daher leichter aus dem Öl ausgewaschen werden. Speziell die Verbindungen Benzol und Toluol mit ihrer hohen Löslichkeit werden aus dem Öl abgereichert und dienen daher auch als Indikator für den Grad von water washing.

Den viel höheren Effekt bei der Veränderung von Ölen bewirkt Biodegradation (Abb. 18). Unter besonderen Voraussetzungen können bestimmte Bakterien Kohlenwasserstoffverbindungen des Öls zerstören. Wie bei water washing ist auch für die Biodegradation Wasserbewegung im geologischen Untergrund notwendig. Dabei ist auch die Verbindung zur Erdoberfläche wichtig, um im Wasser gelösten Sauerstoff und Mikroorganismen zum Öl/Wasser-Kontakt der Lagerstätte bringen zu können. Weiters kann Biode-

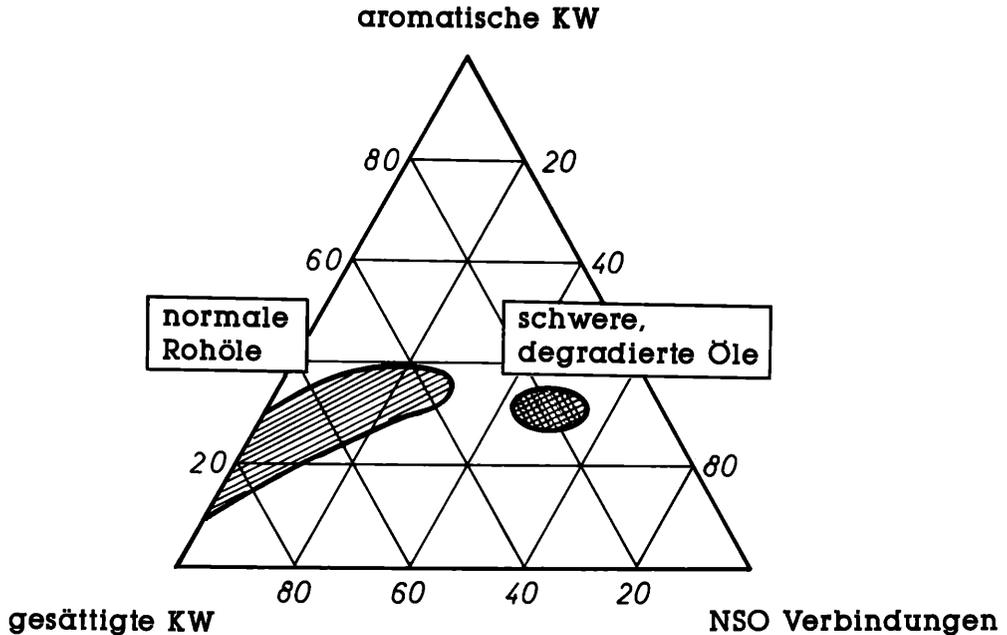


Abb. 19. Veränderung der Zusammensetzung eines Öles, wie sie durch Chromatographie erkannt werden kann. N = Stickstoff, S = Schwefel, O = Sauerstoff

gradation nur bei Temperaturen unter ca. 80° C stattfinden. Bei höheren Temperaturen wurde bislang keine Biodegradation beobachtet.

Biodegradation kann verschieden stark ausgeprägt sein. Je nach Intensität ändert sich die Zusammensetzung des resultierenden Öles sukzessive hin zu immer schwereren, schwefelreicheren Ölen (Abb. 19). Als erstes werden von den Bakterien die n-Alkane zerstört und danach immer komplexere Verbindungen. Da man die Freßgewohnheiten der Bakterien kennt, kann man aus der Zusammensetzung eines degradierten Öls auf den Grad der Degradation schließen.

Obwohl Biodegradation schon während der Migration einsetzen kann, wird der Haupteffekt erst in der Lagerstätte selbst erreicht, da dort die Verweilzeiten des Öls im Vergleich zur Migration entsprechend länger sind.

Biodegradation kann den Inhalt einer Lagerstätte so weit verändern, daß eine Produktion unwirtschaftlich oder aber auch unmöglich wird.

Literaturauswahl für das Hauptkapitel II.1.6.:

CONNAN, J., LETRAN, Kh. & WEIDE, B. van der, 1975; CONNAN, J. 1984; FORCHE, R. & HOLLERBACH, A. 1989; PÄTZ, H. 1984; SAFRONOVA, T. P. 1981; SZOLNOKI, J. & FISCH, I. 1973.

## II.1.7. Lagerstättenwässer

von Harald BUCHTA

Die Poren- und Klufträume der produktiven Speichergesteine von KW-Lagerstätten enthalten Erdöl, Erdgas und begleitendes Wasser. Normalerweise nimmt dabei das Wasser, welches die größte Dichte

der drei Komponenten besitzt, die tieferen Teile innerhalb der Gesteinsschicht ein (Formations- oder Lagerstättenwasser). Über dem Wasser lagert, wie erwähnt im Poren- oder Kluftraum, das Erd-