

## 2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Windsysteme im Untersuchungsgebiet beeinflussen direkt die Oberflächenströmungen im Südatlantik. Änderungen der ozeanographischen Bedingungen wiederum steuern über das Auftriebsgeschehen die marine Primärproduktion (Peterson und Stramma, 1991; Schell, 1968; Shannon und Nelson, 1996). In Tiefseesedimenten wird neben diesem marinen Signal zusätzlich der fluviatile und äolische terrestrische Eintrag dokumentiert. Die folgenden Kapitel sollen die heutigen Bedingungen im Untersuchungsgebiet in Bezug auf die Vegetation auf dem südafrikanischen Kontinent, die ozeanographischen Bedingungen im Südatlantik und die Windverhältnisse in den Tropen und Subtropen der Südhemisphäre veranschaulichen.

### 2.1 Die Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Die Winde an der südafrikanischen Küste werden im wesentlichen durch die Lage des Hochdrucksystems über dem Südatlantik (antizyklonische Bewegung) und das saisonal auftretende Tiefdruckgebiet über dem Kontinent bestimmt (Abbildung 2). Im südlichen Sommer (Dezember bis März) befindet sich der Kern des subtropischen Hochdruckgebietes (mit etwas mehr als 1021 mbar) etwa bei 32°S, 5°W. In den Wintermonaten (Juni bis September) steigt der Luftdruck auf etwa 1025 mbar, und die Position des Hochs ist um ca. 800 km in nordwestliche Richtung verschoben (27°S, 10°W). Trotz dieses höchsten Luftdrucks im Winter ist die Druckdifferenz zwischen dem südatlantischen Hoch und dem Tief über Südafrika im Sommer am größten. Aus diesem Grunde sind die Winde entlang der südwestafrikanischen Küste und das damit verbundene Auftriebsgeschehen in den Sommermonaten stärker (siehe folgendes Kapitel).

Das globale Windsystem in den Tropen und Subtropen ist durch das Auftreten von Passat-Winden gekennzeichnet. Die Intensität der NO-Passate auf der Nordhalbkugel variiert entgegengesetzt zur Stärke der SO-Passate der südlichen Hemisphäre. Die dazwischen befindliche Innertropische Konvergenzzone (ITCZ), die sich durch reduzierte Windgeschwindigkeiten auszeichnet, verlagert sich dementsprechend mit den Jahreszeiten. Während sie im Nordsommer aufgrund starker SO-Passate ihre nördlichste Position einnimmt, verlagert sich die ITCZ aufgrund verstärkter NO-Passate im Nordwinter nach Süden (z.B. Dupont, 1999).

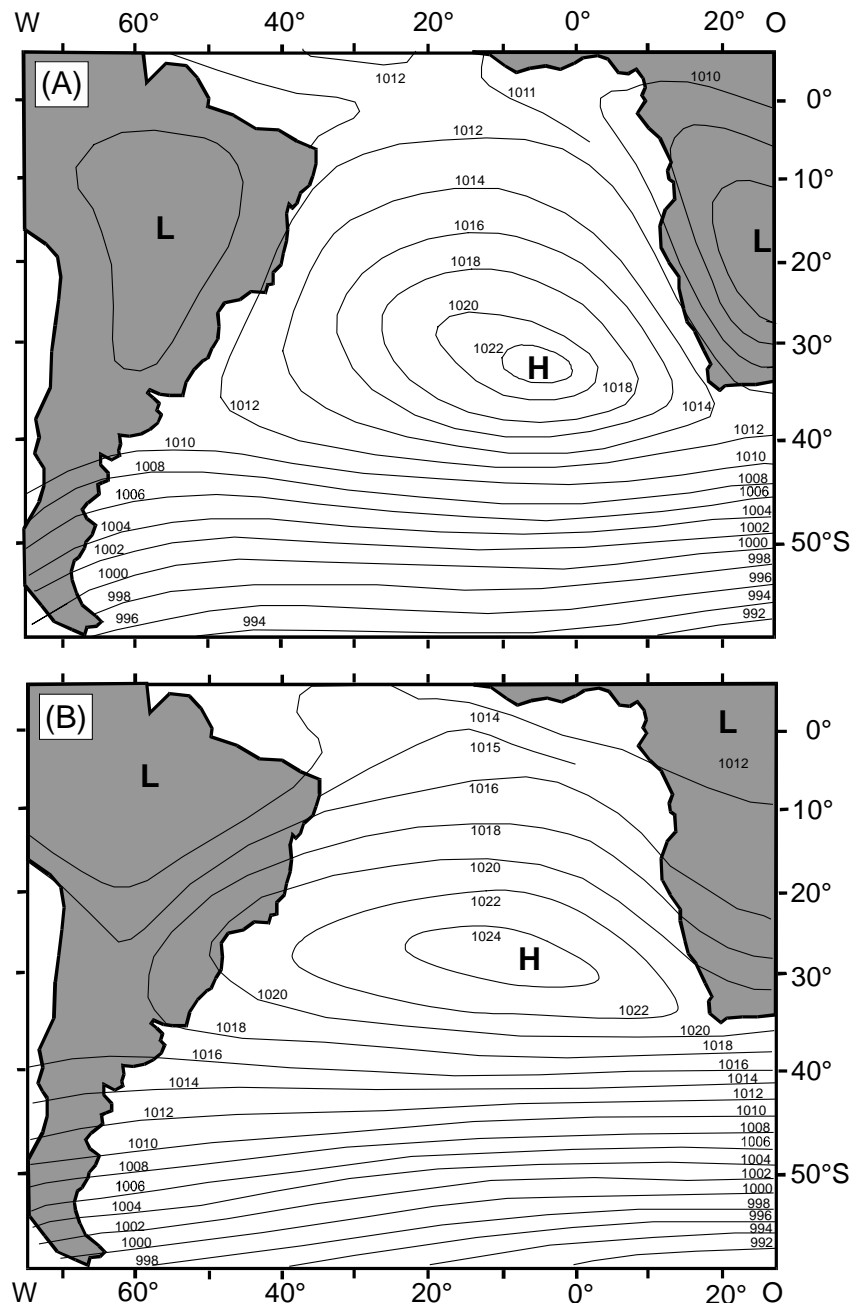


Abbildung 2 Mittlerer atmosphärischer Luftdruck (mbar) in der Region des Südatlantiks (A) Januar (entspricht dem südlichen Sommer) und (B) Juli (entspricht dem Winter in der Südhemisphäre) (aus Peterson und Stramma, 1991)

Neben den Passatwinden kontrolliert die Monsun-Zirkulation das Klima in Westafrika. Diese resultiert aus den unterschiedlichen Wärmekapazitäten der Land- und Wassermassen. Während des Nordsommers erwärmt sich der nordafrikanische Kontinent schneller als der angrenzende östliche äquatoriale Atlantik. Die starken Passatwinde der südlichen Hemisphäre wehen über den Äquator hinweg und ändern ihre Richtung von SO nach SW. Der feuchte SW-Monsun dringt weit ins zentrale Afrika vor und führt zu intensiven Niederschlägen über dem Kontinent (deMenocal und Rind, 1993).

## 2.2 Ozeanographische Bedingungen im Südatlantik

Der Südatlantik zeichnet sich durch ein komplexes Oberflächenstromsystem aus (Abbildung 3) und spielt eine besondere Rolle im Hinblick auf den Wärmehaushalt der Erde. Über das Kap der Guten Hoffnung gelangen mit dem Agulhas-Strom warme Wassermassen aus dem Indischen Ozean in den Südatlantik. Ein Teil davon fließt durch das Zusammentreffen mit dem Südatlantik-Strom über den Agulhas-Rück-Strom in den Indischen Ozean zurück. Ein beträchtlicher Teil geht jedoch in den Benguela-Strom über, der die Wärme in Richtung Norden transportiert und damit ein entscheidendes Glied in der globalen thermohalinen Zirkulation darstellt. Etwa bei 30°S teilt er sich in den nach Norden fließenden küstenparallelen Benguela-Strom und in den nordwestlich gerichteten ozeanischen Benguela-Strom auf. Letzterer geht schließlich in den nach Westen fließenden Südäquatorial-Strom über, der die nördliche Begrenzung des großräumigen antizyklonischen Wirbelsystems im Südatlantik darstellt. Im Westen spaltet sich der Süd-Äquatorial-Strom in den nach Südwesten gerichteten Brasilien-Strom und den nach Nordwesten fließenden Nord-Brasilien-Strom auf. Damit wird im Gegensatz zum üblichen Wärmetransfer aus dem Bereich der Tropen in Richtung der Pole Wärme über den Äquator hinweg transportiert. Neben dem Wärmehaushalt wird dadurch ebenfalls die Wasserbilanz des Nordatlantiks entscheidend beeinflusst.

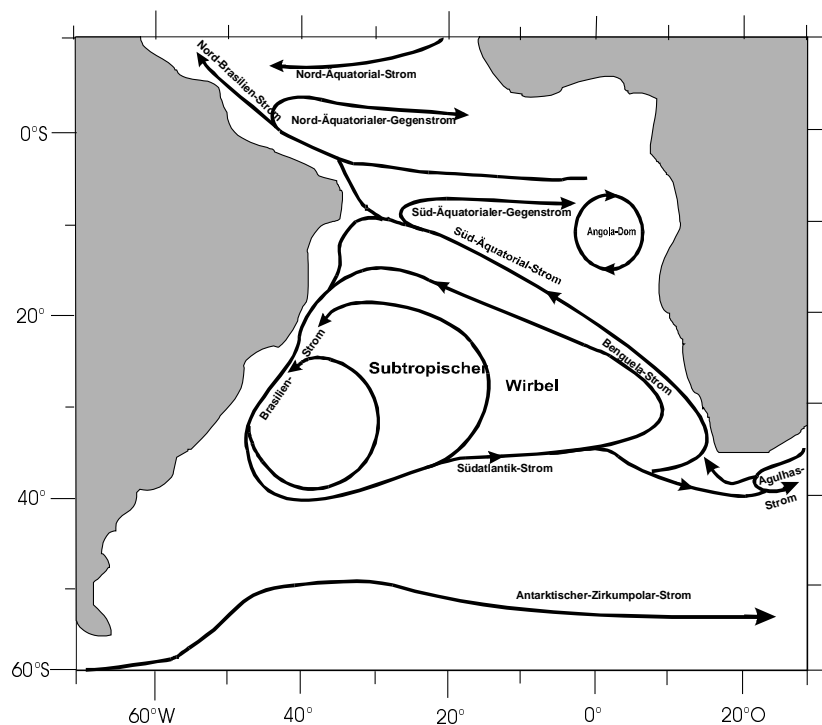


Abbildung 3 Oberflächenwasserströmungen im Südatlantik (nach Peterson und Stramma, 1991)

## 2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das aus dem Südatlantik entfernte warme Wasser wird durch kalte, nährstoffreiche Wassermassen aus dem Nordatlantik ersetzt. Dies wiederum führt zu einer ungewöhnlich hohen Produktivität im Südatlantik, die in etwa mit der im östlichen tropischen Pazifik und im nördlichen Indischen Ozean vergleichbar ist (Berger, 1989). Die ozeanische Primärproduktion wird unter anderem durch den Nährstoffgehalt der Oberflächenwassermassen, Meeresströmungen und saisonale Winde gesteuert. Aufgrund der vorherrschenden Passatwinde aus Süden bzw. Südosten und der damit verbundenen Ekman-Drift kommt es entlang der südwestafrikanischen Küste zum Auftrieb kalter, nährstoffreicher Wassermassen (Abbildung 4). Die windinduzierten Hauptauftriebs- und damit Hochproduktivitätsgebiete befinden sich während des südlichen Sommers zwischen 26° und 28°S und breiten sich im Winter bis weit in den Norden (16° bis 14°S) aus (Summerhayes et al., 1995).

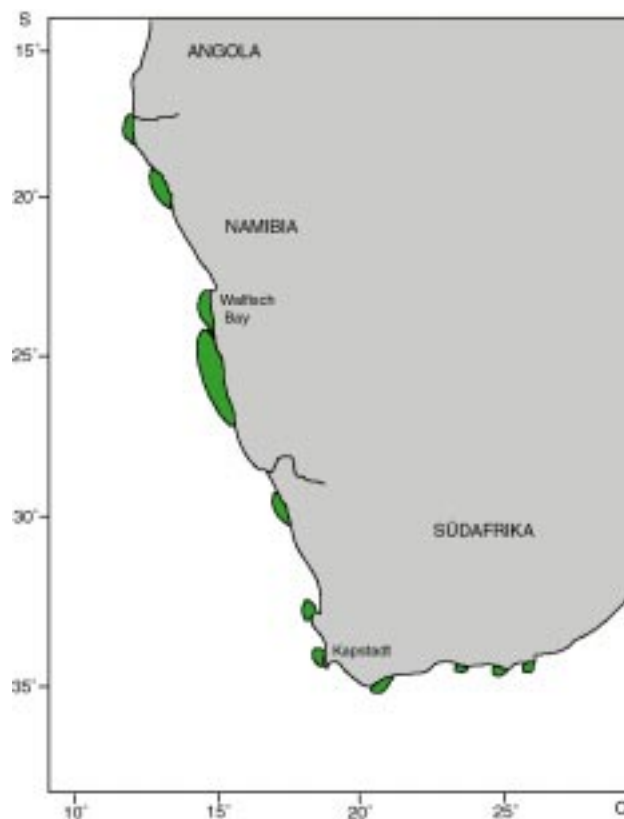


Abbildung 4 Hauptauftriebsgebiete entlang der südwestafrikanischen Küste (Shannon und Nelson, 1996)

Das Oberflächenstromsystem im Angola-Becken ist in die antizyklonische Oberflächenzirkulation im Südatlantik eingebunden (Abbildung 5, Schneider et al., 1995). Unterhalb des Süd-Äquatorial-Stroms (SEC) fließt der Kern des Äquatorial-Unterstroms (EUC) in einer Wassertiefe von etwa 50 bis 100 m in Richtung Osten. Im Gegensatz dazu erreicht der ebenfalls ostwärts fließende Südäquatorial-Gegenstrom

(SECC) bei ca. 10°S die Oberfläche und teilt sich in einen nach Norden fließenden Teilstrom und in den südwärts gerichteten Angola-Strom (AC). Der Hauptstrom des Südäquatorial-Gegenstroms bildet zusammen mit dem Angola-Strom und dem Benguela-Ozean-Strom (BOC) einen zyklonischen Wirbel im Oberflächenwasser. Dessen Zentrum stimmt mit der Position des „Angola-Doms“ überein, der während der Sommermonate auftritt und durch den Auftrieb von kälterem Wasser (18-20°C) gekennzeichnet ist. Im Gegensatz zu dem im Winter bis in das südliche Angola-Becken reichenden, küstennahen windinduzierten Auftrieb handelt es sich hierbei um ozeanischen Auftrieb.

Im Bereich zwischen 15°S und 17°S treffen der kalte Benguela-Küstenstrom (BCC) und der aus Norden kommende, relativ warme Angola-Strom aufeinander, und sie bewirken dadurch die Bildung einer ozeanischen Front. Die Position der in Ost-West-Richtung orientierten Angola-Benguela-Front (ABF) variiert in Abhängigkeit von der Stärke des Südost-Passats. In den Wintermonaten (wenn sich die ITCZ am weitesten im Norden befindet) nimmt die Angola-Benguela-Front ihre nördlichste Position ein.

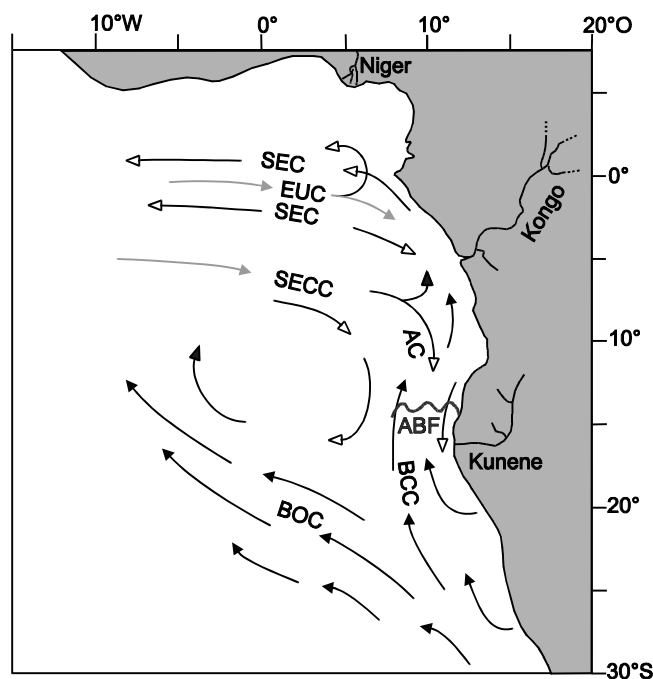


Abbildung 5 Strömungssystem im Angola-Becken (Schneider et al., 1996): AC: Angola-Strom (Angola Current); BCC: Benguela-Küsten-Strom (Benguela Coastal Current); BOC: Benguela-Ozean-Strom (Benguela Oceanic Current); EUC: Äquatorialer Unterstrom (Equatorial Undercurrent); SEC: Südäquatorialstrom (South Equatorial Current); SECC: Südäquatorialer Gegenstrom (South Equatorial Counter Current); ABF: Angola-Benguela-Front; (geschlossene Pfeile entsprechen kalten, offene Pfeile warmen Strömungen)

Südlich der Angola-Benguela-Front (17°S) mündet der Kunene in den Südatlantik. Der jährliche fluviale Eintrag terrigener Sedimente beträgt hier etwa 15 Millionen Tonnen und wird durch äolisch transportiertes Material aus der Namib-Wüste zusätzlich erhöht.

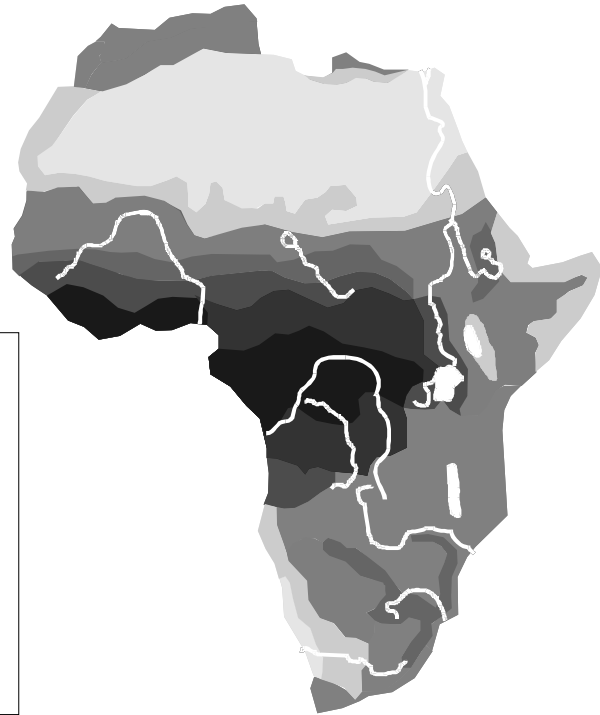
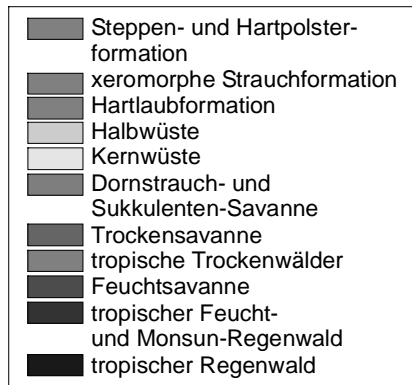
Mit einer Suspensionsfracht von über 40 Millionen Tonnen pro Jahr ist der Kongo der zweitgrößte Fluß Afrikas. Durch seinen Wassereintrag von  $40.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  verringert sich die Salinität nahe der Flußmündung auf weniger als 25 ‰, während außerhalb der Frischwasserzone Salzgehalte von über 35 ‰ dominieren (van Bennekom und Berger, 1984). Das ausströmende Flußwasser induziert einen Auftrieb von kälteren und nährstoffreicheren Wassermassen und führt damit zu einer erhöhten Primärproduktion vor der Kongo-Mündung. Mit einem Anteil von 40 bis 60% stellen Diatomeen die Hauptbiomasseproduzenten in dieser Region dar (van Bennekom und Berger, 1984). Die zweitgrößte Gruppe des marinen Phytoplanktons bilden Dinoflagellaten (Dupont et al., 1999).

### **2.3 Die Vegetation auf dem südafrikanischen Kontinent**

Die Vegetationsgürtel auf dem südafrikanischen Kontinent reflektieren die Niederschlagsgradienten über dem Kontinent (Abbildung 6, Diercke, 1993). In weiten Teilen Nordafrikas dominieren aufgrund geringer Niederschläge Wüsten- und Halbwüstenzonen. Südlich davon schließt sich in West-Ost-Richtung ein schmaler Savannen-Gürtel an. Niederschlagsmengen zwischen 1500 und 3000 mm/a führen in der Nähe des Äquators zur Ausbreitung von Feucht-, Monsun- und tropischen Regenwäldern. In manchen Küstenregionen übersteigen die Niederschläge sogar 4000 mm/a. Dort und an Flußläufen treten Mangroven-Sümpfe auf. Im Einzugsgebiet des Kongo herrscht demnach feuchte Baumvegetation vor. Südlich von 20°S dominieren Trocken- und Dornsavanne sowie die Kalahari die Vegetation. An der Südwestküste Afrikas befindet sich die Namib-Wüste mit einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von weniger als 50 mm/a.

Für die Rekonstruktion der Vegetation auf dem afrikanischen Kontinent sind Untersuchungen terrestrischer Sedimente und Ablagerungen in Seen naheliegend (Hoelzmann et al., 1998). Da selbst die längsten Kontinentalbohrungen keinen vollständigen Glazial/Interglazial-Zyklus umfassen, wurden Analysen von Tiefseesedimenten herangezogen, um die Vegetation auch für ältere Zeitabschnitte zu rekonstruieren (Dupont et al., 1999).

(A) 0 ka



(B) 18 ka

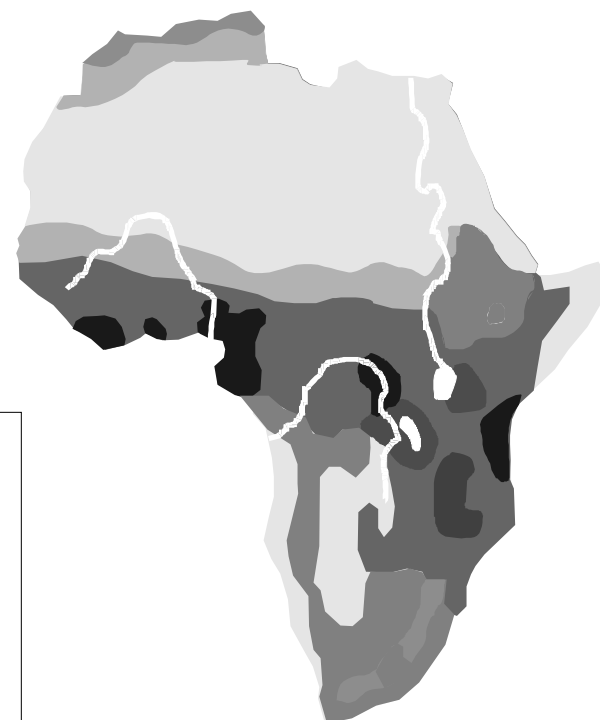
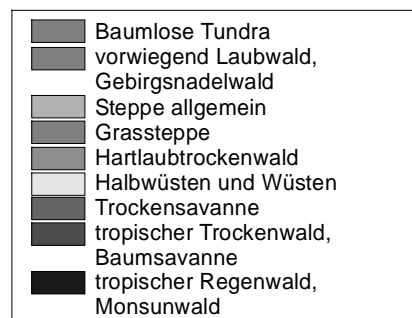


Abbildung 6 Schematische Darstellung der natürlichen Vegetation auf dem afrikanischen Kontinent (A) in der heutigen Warmzeit und (b) während der letzten Eiszeit vor ca. 18 ka (modifiziert aus Diercke, 1988)

## 2.4 Natürliche Erdölvorkommen im nordöstlichen Südatlantik

Die Erdölvorkommen im Südatlantik umfassen 4,3% der bisher entdeckten Erdölreserven der Erde (Cameron et al., 1999). Mit der Entwicklung neuer Technologien ist die Exploration von Erdöllagerstätten in größeren Wassertiefen stark forciert worden. Von besonderem Interesse sind dabei die Becken am südamerikanischen und am südafrikanischen Kontinentalrand. Durch das Aufbrechen des Urkontinents Pangäa seit dem späten Jura und das Auseinanderdriften der beiden tektonischen Platten wurden die Sedimentbecken separiert. Auf der afrikanischen Seite grenzen sich von Norden nach Süden das Douala-, Gabun-, Kongo-, Cabinda-Angola- und das Namibe-Becken voneinander ab. Geologische Grenzen für dieses System bilden die Vulkanzonen im Norden (Kamerun) und der Walfisch-Rücken im Süden. Im Zusammenhang mit der stratigraphischen und strukturellen Evolution vom späten Jura bis in das Tertiär änderten sich die Ablagerungsbedingungen am südwestafrikanischen Kontinentalrand. Die von Mello et al. (1991) untersuchten brasilianischen und westafrikanischen Erdöle führten zur Zuordnung der Öle und Muttergesteine (untere Kreide bis Tertiär) zu sieben verschiedenen Typen anoxischer Ablagerungsbedingungen. Durch den Einfluß des Kongo tritt im Kongo-Becken der lakustrin-deltaische Mischtyp auf. Im Bereich des Angola-Beckens dominiert der lakustrin-salinare Typ. Etwa 90% der westafrikanischen Erdöle sind mariner Herkunft. Fehlen stratigraphische oder strukturelle Fallen, können diese Erdöle bis an die Sedimentoberfläche gelangen. Natürliche Ölaustritte im Südatlantik wurden bei ca.  $0^{\circ}54'S, 7^{\circ}30'O$  und  $13^{\circ}36'S, 11^{\circ}30'O$  beschrieben (Hovland und Judd, 1988). Infolgedessen könnten besonders die Sedimente der in dieser Arbeit untersuchten Sedimente aus dem Angola-Becken (ODP-Bohrung 1079A ( $11^{\circ}56'S, 13^{\circ}19'O$ ) und GeoB-Kern 1016-3 ( $11^{\circ}46'S, 11^{\circ}41'O$ )) davon beeinflusst sein.