

9. Anhänge

J. G. ZÖTL (†)

9.1. DER GEOLOGISCHE AUFBAU DER ARABISCHEN HALBINSEL

9.1.1. GEOLOGIE, GEOMORPHOLOGIE, KLIMA UND HYDROLOGIE SÜDWESTARABIENS

9.1.1.1. Strukturelle Gliederung der Arabischen Halbinsel

Die Arabische Halbinsel, als südwestlicher Teil Asiens zwischen persischer Landmasse und Afrika, bildet geologisch eine selbständige Einheit. In dem auf Alfred Wegeners Vorstellung von der Kontinentalverschiebung zurückgehenden Konzept der Plattentektonik stellt die Arabische Halbinsel eine Platte vorwiegend kontinentaler Kruste dar. Ursprünglich mit der afrikanischen Platte eine Einheit bildend, wurde Arabien erst vor rund 35 Millionen Jahren, im frühen Oligozän, durch einen tiefen Grabenbruch, aus dem sich später das Rote Meer entwickelte, getrennt.

Im Norden und Osten grenzte Arabien früher an das ost-west-gerichtete Gürtelmeer der Tethys. Im Zuge der Subduktion (dem Abtauchen und der Unterfahrung) dieser ozeanischen Masse unter die iranische Platte driftete Arabien gegen Nordosten und kollidierte mit der persischen Platte. Als unmittelbare Folge davon kam es in jüngster erdgeschichtlicher Vergangenheit zur Auffaltung des Zagros-Gebirges. Aus dieser kurz skizzierten tektonischen Entwicklung ergibt sich die heutige strukturelle Gliederung und Begrenzung Arabiens (Abb. 1). Es besteht aus zwei Haupteinheiten, dem Arabischen Schild und der Arabischen Schelfplattform. Begrenzt werden die beiden Einheiten im Westen von dem Grabenbruch des Roten Meeres und im Osten von den jungen Faltenketten Omans und Persiens.

Der Arabische Schild (Abb. 2) nimmt den westlichen Teil der weitgespannten Halbinsel ein. Er bildet die Steilabfälle zum Roten Meer und erstreckt sich von dort in einem halbkreisförmigen Bogen bis in den zentralen Bereich Arabiens. Ähnlich wie der Nubische Schild Nordostafrikas wird er von metamorphen Gesteinsserien und magmatischen Intrusivkörpern des Präkambriums aufgebaut.

Zwei Drittel Arabiens werden von der Arabischen Schelfplattform eingenommen. Sie stellt den ehemaligen Schelfbereich des Tethysmeeres dar. Aufgebaut wird sie daher vorwiegend von karbonatischen Flachwassersedimenten. Den tieferen Untergrund bilden auch hier die präkambischen Gesteinsserien, die von mächtigen klastischen Schichtfolgen des Paläozoikums überlagert werden. Größere Verbreitung an der Oberfläche haben diese Sandsteine im Norden und Nordwesten Arabiens. Die mesozoischen Schelfablagerungen bauen vor allem die zentralarabische Schichtenstufenlandschaft auf. Sie legen sich girlandenförmig um die flache Aufwölbung des Arabischen Schildes. Nach Osten im Bereich des Persischen Golfes aber auch nach Norden zur Euphrat-Tigris-Senke sowie am Südrand der Arabischen Halbinsel werden die nach Osten flach abtauchenden Gesteinsfolgen von den Sedimenten des Tertiärs und Quartärs überlagert.

9.1.1.2. Geologischer Aufbau und Entwicklung Südwestarabiens

9.1.1.2.1. Präkambrisches Grundgebirge

Der südwestliche gebirgige Teil Saudi Arabiens, von der Linie Jeddah–Taif im Norden bis zur jemenitischen Grenze im Süden, ist geologisch ein Teil des Arabischen Schildes. Dem Hochland mit dem steilen Escarpment im Westen vorgelagert ist die Tihama, die schmale Küstenebene des Roten Meeres.

Der Gesteinsaufbau (Abb. 3) besteht aus verschiedenen metamorphen Serien, die zum Teil intensiv verfaltet sind und in die saure und basische Intrusivkörper eingedrungen sind. Das Alter dieser Gesteine variiert zwischen 500 und 1000 Millionen Jahren.¹ Sie gehören damit zum Proterozoikum, der Frühzeit des Lebens auf der Erde. Je nach Intensität der tektonischen Überprägung wurden die Gesteine verschiedenen orogenen Ereignissen zugeordnet. Im Lichte der modernen Plattentektonik stellen sich diese als Plattenkollisionen dar, bei denen dem Alten Gondwana-Kontinent immer neue Krustenteile angeschweißt wurden.²

Der Charakter der Lithosphäre dürfte vor 1000 Millionen Jahren in diesem Gebiet fast ausschließlich ozeanischer Natur gewesen sein. Bei nachfolgender Subduktion im Bereich ozeanischer Platten bildeten sich durch Aufschmelzungen die vulkanischen Inselbögen, die bei weiterer Subduktion später mit dem Gondwana-Kontinent kollidierten und diesem angeschweißt wurden.

Aus den Gesteinsfolgen des Asirgebietes können zwei solcher Inselbogenphasen abgeleitet werden.³ Der älteren sind die vorwiegend Nord-Süd-streichenden Gesteinszonen zuzuordnen. Sie bestehen aus kaliarmen tholeiitischen Basalten sowie Grauwacken (Baish-, Bahah- und Jiddah-Formation), in die dioritische bis tonalitische Plutone vor rund 950–800 Millionen Jahren eingedrungen sind (Tab. 1). In den ältesten Serien sind zum Teil feinkörnige Metasedimente (Sabyah-Formation) eingeschaltet, sie werden vom afrikanischen Kraton hergeleitet.

Über dieser älteren und eher noch primitiven, d. h. wenig differenzierten Inselbogenvergesellschaftung folgen metaklastische Serien (Ablah-Formation) sowie mächtige Vulkanoklastite von zunehmend andesitischem Charakter (Halaban- und Arafat-Formation), wie sie für einen ausgereifteren Inselbogentyp kennzeichnend sind. Diese Gesteine wurden im Zeitraum von 760 bis 725 Millionen Jahren von aufsteigenden Diorit- und Tonalitkörpern durchdrungen.

Der eigentliche afro-arabische Kraton wurde schließlich in einer abschließenden Akkretionsphase vor ca. 715 bis 630 Millionen Jahren gebildet. In dieser als panafrikanische Orogenese bezeichneten Einengungsphase kollidierten bei anhaltender Subduktion die verschiedenen Mikroplatten ebenso wie weiter östlich gelegene kontinentale Platten mit der afrikanischen Kontinentalmasse. Sie werden mit dieser zu einem einheitlichen Kraton zusammengeschweißt. Reste früher mobiler Suturzonen mit synorogenen, durchgeschieferten Plutonen, mit grünschiefer- bis amphibolfaziellen Metamorphiten sowie ultramafitischen Komplexen, die als Ophiolite interpretiert wurden⁴ finden sich in einer

¹ Fleck et al. 1980.

² Stoesser & Camp 1985.

³ Stoesser & Camp 1985.

⁴ Frisch & Shanti 1977.

N-S-gerichteten Zone zwischen Najran und Zalim (Nabitah Suture) sowie nördlich von Jeddah (Bir Umq Suture). Die panafrikanische Orogenese hatte, bedingt durch die Plattenkollision, eine gewaltige Deformation der beteiligten Krustenblöcke zur Folge. Sie bestimmen noch heute das strukturelle Muster des Präkambriums in Südwestarabien. Neben einer intensiven Verfaltung der Gesteinsserien mit N-S-ausgerichteten Faltenachsen kam es zu gewaltigen transversalen Schubbewegungen längs ausgeprägter Blattverschiebungen, z. B. Najd-System. Zugleich setzte ein umfangreicher synorogener bis postorogener Plutonismus von vorwiegend granitischer Zusammensetzung ein. Vergleichbar sind diese Vorgänge mit der Entstehung des Himalaya Gebirges als Folge der in jüngerer Erdgeschichte stattgefundenen Kollision der Indischen Platte mit dem asiatischen Kraton.

9.1.1.2.2. Sedimentäre Auflage

Mit dem Ausklingen des orogenen Geschehens im Kambrium setzte vor rund 600 Millionen Jahren eine lang andauernde Heraushebungs- und Abtragungsphase ein, die im gesamten arabisch-nubischen Schildbereich weitgehend bis zur Gegenwart bestimmend blieb. Während der Arabische Schelfbereich noch im Paläozoikum unter mächtige sandige Sedimentbedeckung kam, wurde der heutige Schildebereich nur kurzfristig in einzelnen Teilbecken zum Ablagerungsraum.

Der Südwesten Arabiens mit dem Asir-Hochland war nur im ausgehenden Paläozoikum, im Perm, Sedimentationsgebiet. Klastische kontinentale Ablagerungen der Wajid-Formation wurden in einer Mächtigkeit bis zu mehr als 250 m abgelagert. Die daraus hervorstechenden Sandsteine finden sich heute im Hochland nur noch in einzelnen mehr oder weniger großen Erosionsresten. Eine geschlossene Verbreitung haben sie nur am Südostrand des Schildes, wo sie zur Schelfplattform überleiten (Abb. 3).

Die Sandsteine liegen diskordant den älteren präkambrischen Gesteinen auf. Es handelt sich um sehr gleichkörnige, häufig schräggeschichtete Sedimentfolgen, denen einzelne Gerölllagen oder konglomeratische Linien eingeschaltet sein können. Das Bindemittel ist meist hämatitisch und gibt den Sandsteinen ihre charakteristische rote Farbe. Sie sind in ihrer Ausbildung mit dem nubischen Sandstein zu vergleichen. Noch im Perm setzte neuerlich Abtragung ein und der Südwesten Arabiens blieb, abgesehen vom Küstenstreifen entlang des Roten Meeres, weitgehend bis heute Landoberfläche. Die marine Transgression während des Juras aus dem Südosten bedeckte zwar Teile des arabischen Schildes im Bereich von Jemen – Reste der karbonatischen Ablagerungen finden sich auch noch bei Jizan – doch blieb das Untersuchungsgebiet landfest. Neben ausgeprägten Abtragungsphasen kam es vor allem in der Kreide und im Alttertiär zu intensiver Bodenbildung. Mächtige Lateritprofile dieser alten Landoberfläche sind an verschiedenen Stellen des Asir-Hochlandes erhalten geblieben. Neuerliche Abtragung setzte mit der Entstehung des Roten Meer-Grabens ein. Die damit verbundene Heraushebung der Grabenflanken im Jungtertiär leitete schließlich eine geomorphologische Entwicklung ein, die zur Formung des heutigen Landschaftsbildes führte.

9.1.1.2.3. Das Grabensystem des Roten Meeres

Das Rote Meer zeichnete ein gewaltiges tektonisches Bruchsystem nach, das sich über 2000 km vom Golf von Aden bis nahe an das Mittelmeer erstreckte. Es ist Teil des afro-

arabischen Riftsystems, das über Kenia bis Tansania verfolgbar ist. Diese Bruchstruktur ist zunächst als rein kontinentaler Graben infolge tensionaler Beanspruchung der Erdkruste durch Konvektionsströme im Erdmantel entstanden. Im Bereich des Roten Meeres ist die Entwicklung am weitesten fortgeschritten, wobei sich aus dem ursprünglich intrakontinentalen ein interkontinentales ozeanisches Grabensystem gebildet hat. Der Westrand Arabiens mit dem Hochland von Asir und dem nördlich anschließenden Hedschas Gebirge stellt hierbei die östliche, pultförmig herausgehobene Grabenflanke dar.

Aus der Sedimentationsgeschichte läßt sich eine zweiphasige tektonische Entwicklung des Roten Meer Grabens ableiten.⁵ Wie einleitend bereits angeführt wurde, setzte die Öffnung des Grabens im frühen Oligozän vor rund 35 Millionen Jahren ein. In der weitgespannten Grabensenke wurden zunächst kontinentale klastische Sedimente abgelagert. Noch im Oligozän kam es im Nordteil über dem Golf von Suez zur Ingression des Meeres mit Ablagerungen von Flachwassersedimenten. Verstärkte Absenkungen im Becken und Heraushebung der Grabenflanken, die begleitet waren von einem intensiven Vulkanismus, führten im untersten Miozän zur Ausbildung eines tiefen Meerestrogos. Durch Abschnürung vom offenen Weltmeer kam es aber bereits im unteren Mittelmiozän zur Ablagerung mächtiger Evaporitfolgen. Begleitet war dies von einem Abschwächen der tektonischen und magmatischen Aktivität. Damit endet der erste Abschnitt der Grabenentwicklung, der durch eine rein tensionale Bewegungskomponente Arabiens quer zum Streichen des Roten Meeres gekennzeichnet war. Dieser erste Abschnitt kann auch als das Rote-Meer-Suez-Stadium bezeichnet werden, da die Öffnung und Öffnungswerte des Roten Meeres bis in den Golf von Suez annähernd gleichmäßig verlief. Die tektonische Abkoppelung des Golfes von Suez erfolgte erst später.

Nach einer Beruhigung der extensionalen NW-Bewegung Arabiens setzte vor 10 bis 20 Mill. Jahren im Obermiozän die noch heute anhaltende N-gerichtete Scherbewegung der arabischen Platte längs der Aqaba-Levante-Linie ein. Auslösendes Moment dieser zweiten tektonischen Bewegungsphase war die verstärkte Öffnung und Bildung ozeanischer Kruste im Golf von Aden. Durch diese Norddrift und leichte Linksdrehung Arabiens, schräg zur Achse des Roten Meeres, öffnete sich das Rote Meer südlich des Golfes von Suez weiter.⁶ Die damit verbundene Dehnung der Lithosphäre bedingte eine Druckentlastung und den Aufstieg der Asthenosphäre. Dies führte vor 4 bis 5 Millionen Jahren zu einsetzender Neubildung ozeanischer Kruste im zentralen südlichen Trog des Roten Meeres (Abb. 4). Dies stellt die Weiterentwicklung des ursprünglich kontinentalen Grabens zu einem echten ozeanischen Riftsystem dar. Damit verbunden war dann auch die nachfolgende Öffnung zum Indischen Ozean.

In der Tihama Asir, der dem Asir Escarpment vorgelagerten Küstenebene Südwestarabiens, können diese beiden Phasen in den noch aufgeschlossenen jungen Gesteinsfolgen noch nachvollzogen werden. Dem Präkambrium lagern als älteste Grabensedimente vorwiegend feinklastische Ablagerungen mit Einschaltungen von Tuffen (Baid-Formation) des Oligozäns auf. In dieser ist ein saurer bis basischer Intrusivkomplex⁷ mit reicher Ganggefölgenschaft (Dyke-Formation) eingedrungen.⁸ Küstenwärts folgen im Untergrund

⁵ Bayer et al. 1988.

⁶ Bayer et. al. 1988.

⁷ Tihama Asir Magmatic Komplex, Coleman et al. 1979.

⁸ Voggenreiter et al. 1988.

Evaporite, z. B. der Salzdiapir von Jizan, die noch der ersten tektonischen Phase zuzuordnen sind.

Dem jüngeren Abschnitt gehören die unterschiedlich alten Schuttflächen und Schotterterrassen an. Im Raum östlich von Jizan erreichen sie eine Mächtigkeit von nahezu eintausend Metern. Im Bereich der heutigen Küste verzahnen sie sich mit mächtigen Riffkalken, die auch die vorgelagerte Farasan Inselgruppe aufbauen. Für den jüngeren Abschnitt, insbesondere die letzten zwei Millionen Jahre, ist der grabenrandparallele Vulkanismus besonders kennzeichnend. Er geht auf eine Aktivierung des Magmatismus in Zusammenhang mit verstärkten Vertikalbewegungen zurück. Davon betroffen ist auch das Hochland von Asir, das wie jüngste Spaltspurendatierungen zeigen konnten gerade im Pliozän eine verstärkte Heraushebung hervor.⁹ Beispiele für den jungen Alkaliolivinsalt-Vulkanismus sind die zahlreichen Vulkankegel im Hinterland von Jizan sowie der Harrat Al Birk zwischen Ad Darb und Al Birk westlich von Abha (vgl. Abb. 10).

9.1.1.3. Geomorphologische Entwicklung Südwestarabiens

Die Umgestaltung und Ausformung einer Landoberfläche wird wesentlich bestimmt durch Gesteinsaufbau, tektonische Vorgänge und klimatische Verhältnisse. Bei den in der jüngeren erdgeschichtlichen Vergangenheit Arabiens überwiegend ariden Klimabedingungen blieben naturgemäß sehr viele alte Landschaftselemente erhalten, die eine direkte Verknüpfung mit dem geologisch tektonischen Geschehen erlauben.

Ausgehend von den seit dem Paläozoikum anhaltenden Abtragungsvorgängen hatte sich bis zum Alttertiär im arabisch nubischen Raum eine ausgeprägte Peneplain eingestellt. Wie einzelne randliche marine Vorstöße zeigten, lag sie nur unwesentlich über dem Meeresspiegel. Wenige große Entwässerungssysteme haben vermutlich schon damals den arabischen Teil des alten Schildes mehr oder weniger radial nach Osten und Nordosten zur Tethys hin entwässert. Bei den geringen Reliefunterschieden kam es in den zwischenzeitlich feuchten Perioden weniger zur Abtragung, als vielmehr zu intensiven Bodenbildungen. Solche Reste einer alten Landoberfläche, vermutlich aus dem Alttertiär selbst, stellen die Lateritdecken im südlichen Asir Hochland dar.

Eine Veränderung dieser ausgeglichenen Morphologie setzte erst mit dem Aufreißen des Roten Meer Grabens im Oligozän ein. Für die Umgestaltung des Landschaftsbildes maßgeblich war die Herausbildung des Grabentroges sowie die pultförmige Heraushebung der Grabenflanken. Sie bestimmen das übergeordnete heutige geomorphologische Bild SW-Arabiens mit dem steilen 1500 bis 3000 m hohen Escarpmentabfall zum Roten Meer sowie der flach pultförmig nach Osten abfallenden Verebnungsfläche des arabischen Schildes (vgl. Abb. 2).

Die Entwicklung zu den heutigen Reliefunterschieden vollzog sich nur langsam in mehreren ruckartigen Phasen. Während im Oligozän die Unterschiede noch gering waren, führten die verstärkten Vertikalbewegungen bereits im unteren Miozän zumindest für den Abschnitt nördlich von Taif bis Medina zu Höhenverhältnissen, wie sie noch heute gegeben sind. Dies wird eindrucksvoll durch die im Bereich der Grabenschultern vor rund 20 Mill. Jahren ausgetretenen Flutbasalte dokumentiert. Einzelne Basaltströme flossen

⁹ Altherr & Voggenreiter 1987.

über die alten Talrinnen zum Roten Meer, die nur wenige Zehner Meter über dem heutigen Meeresspiegel in die marine Vorflut mündeten.

Die Heraushebung der Grabenflanken mit der leichten Verkippung der alten Landoberfläche nach Osten führte zu einer verstärkten Drainierung der Oberflächenabflüsse nach Osten. Es kann davon ausgegangen werden, daß alle größeren heutigen Entwässerungssysteme, wie das Wadi Najran, Wadi Bisha, Wadi Ranyah, Wadi Dawasir und das Wadi Rimah (im Norden des Landes), sofern ihre Anlage nicht überhaupt älter ist, bereits damals entstanden sind. Die leichte Verstärkung der Gradienten nach Osten führte, wie aus den neogenen Sedimentablagerungen der östlichen Schelfplattform zu erkennen ist, zu einer gewissen Reaktivierung von Erosion und Abtragung auch wenn dies nur auf einzelne humidere Perioden beschränkt blieb. Die alte Festebene mit einzelnen Tafel- und Zeugenbergen wurde hierbei nur geringfügig modifiziert. Wesentlich ausgeprägter war die Umgestaltung der zum Roten Meer hin ausgerichteten Bruchstufe. Auf Grund des hohen Reliefunterschiedes kam es zu intensiver Zerschneidung und Abtragung, umgekehrt häuften sich mächtige Schuttakkumulationen im randnahen Bereich des Grabentroges. Die wesentliche Ausgestaltung der zum Roten Meer orientierten Hauptwadis erfolgte für den nördlichen und mittleren Küstenabschnitt Saudi Arabiens, etwa nördlich der Linie Taif – Al Lith, bereits sehr früh, weitgehend noch im Unteren Miozän, wie dies die über diese Wadis abgeflossenen alten Basaltflows belegen.¹⁰

Südlich von Al Lith wurde die Grabenflanke im Pliozän verstärkt angehoben und dadurch erst die bis auf 3000 m ansteigende Position des Asirhochlandes geschaffen. Unter dem Einfluß der sommerlichen Monsun-Niederschläge kam es zu einer bis heute extrem aktiven Zerschneidung des Escarpmentrandes. Ein Hinweis für das junge Geschehen ist auch der noch recht einheitliche obere Escarpmentrand, der gegenüber der Küstenebene um ca. 40 km zurückverlegt ist. Mit dem imposanten Steilabfall und seinen engen tief eingeschnittenen Wadis stellt gerade dieser Abschnitt ein eindrucksvolles Beispiel der bruchtektonischen Formung dieses Escarpments dar.

Auch die Küsteneben der Tihama Asir ist von der jungen Tektonik geprägt. Bis in die Gegenwart anhaltende Subsidenz des Grabenrandes im Gegensatz zur Grabenschulter führte zu einer nur wenig gegliederten Aufschüttungsfläche, die zur Küste hin in weite Sabkhaflächen überleitet (vgl. Abb. 15, 16). Die nördlich von Jeddah zum Teil sehr ausgeprägten Terrassenkörper (z. B. bei Yanbu) finden sich hier nur in den hintersten, weniger abgesenkten Randstufen, wo auch noch die älteren Sedimente der Baid-Formation zutage treten. Unterstrichen wird dieser Einfluß der jungen Tektonik noch durch die zahlreichen an Störungen gebundenen Vulkankegel.¹¹ Zu besonders intensiver Lavaförderung kam es zwischen Ad Darb und Al Birk, wo die gesamte Küstenebene auf eine Länge von fast 70 km von Basaltflows mit zugehörigen Förderkegeln eingenommen wird (Abb. 10).

¹⁰ Jado & Zötl, 1984.

¹¹ Dabbagh et al. 1984.

9.1.1.4. Rohstoffe

9.1.1.4.1. Lagerstätten von Metallen

Während Saudi Arabien heute seine Prosperität den ergiebigen Vorkommen von Erdöl in den sedimentären Folgen der arabischen Schelfplattform verdankt, war es im Altertum für den Reichtum wichtiger Edelmetalle bekannt. Im Gegensatz zu den östlichen Landesteilen bietet der kristalline Schild im Westen von seiner geologischen Entwicklung und den dort vorkommenden Gesteinen günstige Voraussetzungen für das Auftreten von verschiedenen Metall-Lagerstätten. In der Tat sind solche Vorkommen metallischer Erze seit dem Altertum bekannt und haben damals neben anderen Produkten zum Wohlstand des alten Arabiens beigetragen.

Geologisch handelt es sich vor allem um sulfidische Mineralparagenesen, die als hydrothermale Bildungen im Zusammenhang mit vulkanischen Exhalationen entstanden sind. Im Proterozoikum (1 Milliarde bis 600 Mill. Jahre vor heute) kam es, wie im Abschnitt 9.1.1.2.1. schon ausgeführt wurde, durch Subduktion ozeanischer Platten mehrfach zu ausgeprägtem Vulkanismus vom Typ der Inselbögen. Nach Routhier & Delfour (1980) sind es vor allem hydrothermale Lösungen, die zusammen mit sauren Schmelzen aufdringen, unter flacher Wasserbedeckung in die Begleitgesteine eindringen und zu Vererzungen führen. Solche Lagerstätten sind daher häufig verbunden mit entsprechenden Lagergängen, Vulkaoklastiten aber auch kieseligen oder karbonatischen Sedimenten, die derartige Vulkanite überlagern. Im südlichen arabischen Schild finden sich solche Gesteinsfolgen vor allem in der Halaban-Formation (Hulayfah Group). Ihre Erzführung ist vom Typ vergleichbar den großen Lagerstätten in den kanadischen, brasilianischen und australischen Schildarealen.

Eine Übersicht der wichtigsten Erzvorkommen Südwestarabiens ist in der Abb. 5 zusammengestellt. Zu nennen sind vor allem Vorkommen von Gold, Silber, Kupfer und Nickel, Zinn sowie von pyritischem Eisen und Titan. Bei den Prospektionen in den beiden letzten Jahrzehnten hat man der Wiederauffindung und Erschließung der alten Abbaue besondere Aufmerksamkeit gewidmet, doch konnten unter heutigen ökonomischen Gesichtspunkten nur wenige abbauwürdige Lagerstätten gefunden werden.

Aus dem Altertum werden zum Beispiel aus dem arabischen Schildbereich über tausend Goldabbau berichtet. Von diesen wurde bisher nur die Mine von Mahd adh Dhahab, ca. 250 km NE von Jeddah, wiederaufgefahren. Als bedeutendere, aber heute nicht abbauwürdige Vorkommen sei auf die von Mamilah, ca. 100 km ESE von Taif, Al Aqiq im oberen Wadi Ranyah, Bani Qutman im unteren Wadi Tathlith sowie auf den Jabal Guyan ca. 80 km nördlich von Najran hingewiesen.

Während Silber meist nur als Nebengemengteil in den verschiedenen Lagerstätten vorkommt, kam dem Kupfer im Altertum besondere Bedeutung zu. Es war das Hauptbasismetall, das damals abgebaut wurde. Wegen seiner auffälligen bunten Sekundärmineralisation sind seine Vorkommen am besten dokumentiert, sie weisen vielfach auf andere wichtige Begleiterze hin. Die bedeutendsten Vorkommen finden sich im Wadi Bidah südöstlich von Taif, im oberen Wadi Ranyah, im Wadi Yiba östlich von Al Qunfudah sowie nordwestlich von Najran (Qatami und Al Massani). Doch handelt es sich von der Ausdehnung der Lagerstätte und den Erzgehalten um eher kleine Vorkommen, deren Abbau heute nicht lohnend ist. An weiteren Erzvorkommen sei auf die Zinnvorkommen im Bereich

des Jabal Ash Sha'ib (Wadi Tathlith) sowie auf mit Pyriten verbundene Nickel- und Kobalterze nördlich von Najran hingewiesen.

9.1.1.4.2. Bausteine und Industrieminerale

Obwohl reich an verschiedenen Eruptivgesteinen sowie Metamorphiten, ist die unmittelbare Nachfrage in dem wenig industrialisierten Südwesten Arabiens nach solchen Bausteinen gering. Erste Versuche solche Gesteine als Ornament- und Dekorationssteine zu gewinnen wurden in Najran sowie in der Umgebung von Taif und Jeddah eingerichtet. Es handelt sich in erster Linie um verschieden farbige Granite, die in großen Blöcken gewonnen und dann zu dünnen Platten geschnitten und poliert werden. Östlich von Taif, z. B. im Wadi Turabah sowie im weiteren Raum Jeddah – Mekka werden auch Marmore gewonnen.

Für die Bauindustrie selbst sind die jungen Lockergesteine von größerem Interesse. Sande und Kiese finden sich vor allem in der Küstenbene am Rande zum Gebirge, bzw. in den in das Gebirge hineinreichenden Wadis. Auf der Hochfläche sind die Gewinnungsmöglichkeiten wesentlich ungünstiger. Meist wird auf flache Schuttfächer bzw. die Wadifüllungen zurückgegriffen. Doch sind diese Vorkommen nicht ausreichend, so daß zusätzlich fester Fels gebrochen wird. Günstige Materialeigenschaften als Splitt und Asphaltzuschlagsstoff weisen die quartären und tertiären Basalte auf (z. B. Abbaue und Brecheranlagen östlich von Abu Arish im Hinterland von Jizan). Begehrte sind auch die jungen vulkanischen Lockerprodukte, wie Schlackenkegel und Tuffdecken. Sie werden heute vor allem für die Herstellung von besonders leichten Ziegelsteinen genutzt. Ausreichende Rohmaterialien finden sich in den großen Vulkangebieten des Harrat al Busum östlich von Taif sowie im Harrat al Birk und dem Hinterland von Jizan beide in der Tihama Asir.

Traditionelle Baustoffe wie Tone und Kalke treten im südwestlichen Arabien etwas zurück. Tone wurden früher in erster Linie zur Herstellung von Lehmziegeln für Häuser und Mauern in den Oasensiedlungen verwendet. Sie wurden aus schluffigen Wadis sedimenten sowie aus tertiären Verwitterungsböden gewonnen. Größere Vorkommen an tonigen Sedimenten finden sich heute besonders noch in der Küstenebene. Gleiches gilt auch für die Kalkgesteine. Auf der Hochfläche treten die mächtigen Karbonatvorkommen nach Osten erst im Bereich der Tuwayq-Schichtstufe auf. In der Küstenebene des Roten Meeres bieten sich in erster Linie die pleistozänen Riffkalke an, die in Form von Quadern herausgebrochen, direkt als Bausteine Verwendung finden. Durch die junge Subsidenz der südlichen Küstenebene sind solche Riffterrassen allerdings südlich von Al Lith kaum noch aufgeschlossen. Südlich von Jizan reicht im Bereich einer Grabenrandscholle noch ein jurassischer Kalkzug über die jemenitische Grenze nach Norden. Er bildet dort die Rohstoffbasis für ein großes Zementwerk.

An Industriematerialien ist auf kleinere Vorkommen von Fluorit, Baryt, Feldspat und Asbest im Bereich des kristallinen Schildes hinzuweisen. In der Tihama Asir (Salzdiapir von Jizan) sowie den vorgelagerten Farasan Inseln tritt Gips und Steinsalz auf.

9.1.1.5. Das Klima

9.1.1.5.1. Allgemeines

Saudi Arabien gehört als zentraler Hauptbereich der Arabischen Halbinsel vorwiegend dem afro-asiatischen Wüstengürtel (BW-Klima nach Köppen) an, nur den äußersten Südwesten ordnet Köppen (1936) dem BS-Klima zu.

Differenzierter ist die Klimagliederung von Kreuzburg & Habbe (1964), Blüthgen (1964), Thornthwaite (1948) u. a. Für Vorder- und Ostasien ist die auf Köppen aufbauende, aber den spezifischen örtlichen Gegebenheiten genauer Rechnung tragende Einteilung der Klimazonen durch v. Wissmann (1964) für eine Übersichtsdarstellung am besten geeignet (Abb. 6).

Das gesamte Küstengebiet der Arabischen Halbinsel vom Roten Meer bis zum Arabischen Golf liegt im Bereich des tropischen Wüstenklimas (Abb. 6, Zone 3), im Untersuchungsgebiet gehört die „Tihama“ (s. Abb. 3, 11) dieser Klimazone an.

Die Nordbegrenzung dieser Zone in Afrika bzw. gegen das Binnenland der Arabischen Halbinsel bildet die Grenze der warmtropischen gegen die subtropischen Klimazonen (absolute Frostgrenze bzw. kälteste Monatsmittel über 18,3°C): Damit gehören die großen Wüstengebiete der Sahara ebenso wie die gewaltige Sandwüste Ar Rub' Al-Khali, bedingt durch die tiefen Nachttemperaturen den Subtropen an (Abb. 6, Zone 4): der größte Teil des Arbeitsgebietes, das Hochland „Asir“ mit seinen Ausläufern liegt im Bereich subtropischen Gebirgs- und Steppenklimas (Abb. 6, Zone 5, 6).

9.1.1.5.2. Niederschlag und Oberflächenabfluß

Die Anzahl von Niederschlagsmeßstellen – meist meteorologische Stationen mit Niederschlags-, Temperatur-, Verdunstungs- und Windmessung – ist heute in Saudi Arabien in Anbetracht weiter Wüsten- und Gebirgsbereiche relativ hoch.¹²

Abb. 7 zeigt einen den tatsächlichen Verhältnissen nahekommenden Verlauf der Isohyeten, der auch mit den aus 31 Stationen im Bereich der nördlichen Tihama ermittelten Meßergebnissen von W. Hamza (1982) gut übereinstimmt.

In den höchsten Teilen Asirs überschreitet das langjährige Mittel der Niederschläge mit ziemlicher Sicherheit 800 mm/Jahr. Der Grund liegt darin, daß in diesem, in weiten Teilen bis über 3000 m aufragenden Areal, sowohl beachtliche winterliche Steigungsregen als auch sommerliche Monsunregen auftreten. Die Monsunregen beschränken sich im allgemeinen auf den südlichen Teil Asirs.

Die Diagramme des in Wadis gemessenen Oberflächenabflusses sind die verlässlichsten Zeugen für die Jahreszeit der Niederschläge, ihre Intensität und das Verhältnis von Niederschlagshöhe und Verdunstung zu den verschiedenen hydrogeologischen Parametern. Als typisches Beispiel wurden die durchschnittlichen mittleren Monatsabflüsse im Wadi Jizan und Wadi Najran herausgegriffen (Abb. 8).

Der bei der Station Malaki (Staudamm im oberen Wadi Jizan nahe der jemenitischen Grenze) gemessene Oberflächenzufluß hat seinen Höhepunkt in den Monsunmonaten Juli

¹² Schwierigkeiten sind nach wie vor mit der Wartung der Geräte verbunden. Das Fehlen ausreichender Langzeitmessungen beeinflusst die Aussagekraft absoluter Meßdaten.

bis August (auslaufend im September) und beträgt 55 % des gesamten Jahresabflusses. Das Einzugsgebiet liegt an der Luvseite des Asir-Hochlandes zum SW-Monsun.

Anders das Wadi Najran. Im Windschatten des NE-Abfalles des Hochlandes gelegen, zeigt das Diagramm ein deutliches Übergewicht des Oberflächenabflusses im Spätwinter und Frühjahr (68 % März – Mai, Schwerpunkt April). Der SW- bzw. S-Monsun (Juli – September) liefert hier nur etwa 26 % des Oberflächenzuflusses.

Berechnet man die Abflußspende ($l/sec. km^2$), so wird der Einfluß der geographischen Lage noch deutlicher: Die Abflußspende beträgt im Einzugsgebiet des Wadi Jizan $1,4 l/sec. km^2$, im Einzugsgebiet des Wadi Najran nur $0,6 l/sec. km^2$ trotz der wesentlich höheren Lage der Meßstelle.

Die Abflußspende der Einzugsgebiete der Wadis in der nördlichen Tihama (Tihamat ash Sham) liegt ziemlich einheitlich bei $0,47-0,48 l/sec. km^2$ (W. Hamza, 1982), obwohl die Größe der Einzugsgebiete sehr verschieden ist.

9.1.1.5.3. Lufttemperatur, Verdunstung und relative Luftfeuchtigkeit

Die Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe zeichnet sich schon in der Tihama ab. In den Küstenebenen liegt die durchschnittliche Jahrestemperatur bei 29 bis 30°C im Sommer.

Im Hinterland der Tihama, am Fuß des Steilabbruches des Hochlandes, liegt die ziemlich abrupte Grenze zwischen tropischem und subtropischem Klimacharakter.

Mit der Höhenlage fällt im Asirhochland die Winterisotherme (Mittel von Dezember, Jänner und Februar) unter 16°C. Dieses Mittel wird durch Einzelwerte wesentlich unterschritten, wodurch Niederschlagsereignisse in Form von Eisregen und Graupeln auftreten (Abb. 9). Exzessive Niederschlagsereignisse zählen zu den Ursachen plötzlicher Flutwellen in den Wadis, die bis heute Ursache tödlicher Unfälle sind.

Die mittels eines Verdunstungsmessers (Class-A-Pan) gemessene potentielle Verdunstung in der unmittelbaren Küstenebene der Tihama lag im Mittel der Jahre 1970–1980 zwischen 3.250 und 4.160 mm. Das ist weit über der in diesem wüstenhaften Bereich möglichen aktuellen Verdunstung von episodischen Oberflächenabflüssen aus dem Hinterland. Infolge der Nähe des Meeres ist jedoch die relative Luftfeuchtigkeit sehr groß. Laut W. Hamza (1982, Tab. 10) schwankten die in den einzelnen Monaten 1970–1975 gemessenen mittleren Werte im Jänner zwischen 94 und 47 % und im Juli zwischen 83 und 36 %, wobei die Höchstwerte in keinem Monat unter 83 % blieben.

Im Hochland ist die durchschnittliche jährliche potentielle Verdunstung viel niedriger. Sie beträgt nach den vorliegenden Angaben ca. 2.100 mm. Daten der aktuellen Verdunstung standen nicht zur Verfügung.

9.1.1.6. Landform, Bodennutzung und Bevölkerung im Hochland Südwestarabiens

Dem Landschaftscharakter sowie hydrogeologischen Gesichtspunkten, Bodennutzung und Besiedlung folgend, werden im Südwesten Saudi Arabiens drei Bereiche unterschieden: Das Hochland von Asir, die Tihama und der Raum Jeddah – Mecca (vgl. Abb. 10).

Die landwirtschaftliche Nutzung Südwestarabiens ist den klimatischen und morphologischen Bedingungen entsprechend eingeschränkt. Klima und Relief sind von direktem Einfluß auf die Bodenbildung. Während das steile Relief und die besondere Exposition zu

verstärktem Bodenabtrag führt, wird die Bodenbildung in den Ebenen begünstigt. Lange feuchte Klimaperioden bedingen die Verwitterung der an der Oberfläche anstehenden Gesteine und führen zur Ausbildung charakteristischer Bodenprofile. Aride Bedingungen leisten hingegen der Bodenzerstörung Vorschub und tragen durch Verdunstung zur Bodenversalzung bei. Ohne auf diese zum Teil sehr komplexen Zusammenhänge einzugehen, seien nachfolgend die Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Bodennutzung Südwestarabiens kurz angesprochen.

9.1.1.6.1. Das Hochland von Asir

Im südlichen Hochland von Asir erreicht der im Tertiär gehobene Arabische Schild seine größte Höhe (über 3.000 m in Saudi Arabien, 3.700 m im Nord-Yemen). Härtlinge oder Restberge überragen die modellierten Plateauflächen mit sonst mäßiger Reliefenergie (Abb. 12).

Hier in den höchsten Regionen reagieren die Gesteine des Basements zum Teil recht unterschiedlich in ihrer Verwitterung auf dieselben klimatischen Gegebenheiten. An den Hängen zeigen durch die Abtragung freigelegte Rippen bergewärts einfallender Schichten kristalliner Schiefer ein feindliches Kleinrelief gegen Bodennutzung von Mensch und Tier (Abb. 11). Die Granite wiederum bezeugen die Wirkung der mechanischen Erosion durch den starken Temperaturwechsel in Form der Zerlegung großer Felsblöcke bis hin zum grusigen Zerfall kleineren Gesteinskalibers (Abb. 12). In beiden Fällen aber sorgen Niederschläge für die Verfrachtung der Lockergesteine in Mulden oder die Wurzeln beginnender Wadis. Die in ihrer Größe beschränkten Schwemmböden werden intensiv landwirtschaftlich genutzt und ruhen wie grüne Inseln in der steinigen Umrahmung, in die sich die Siedlungen zurückzogen.

Die kleinen Schwemmlandakkumulationen speichern die Niederschlags- und episodisch zufließenden Hangwässer. Die Tiefe kleiner Ziehbrunnen deutet die Länge des Tripelpfades an, den Mensch oder Zugtier Seil und Schöpfgefäß ziehend entlang trotten (Abb. 13).

Im südlichsten Hochland finden sich größere künstliche Feldbauterrassen auf den flacheren Hängen. Hier versuchte man wie im Jemen seit langem mit Steinmauern die vorhandenen Bodenreste vor Abtragung zu schützen (Abb. 14). Es handelt sich hierbei meist um lehmige bis lateritische Roterdeböden vergangener feuchter Perioden, die zum Teil noch in situ vorhanden sind. Vielfach sind es aber auch nur umgelagerte Bodenmaterialien.

In beschränktem Ausmaß findet sich derartiger Terrassenanbau auch im Steilabfall zur Küste, nicht zuletzt auch bedingt durch das reichere Niederschlagsangebot der Luvseite.

Diese Verhältnisse leiten über zu den Gegebenheiten in den Vorbergen der Tihama. Auch die tief eingeschnittenen Wadis transportieren heute hier wie dort nach den saisonalen Niederschlägen grobklastische Schuttmassen.

Die Richtung der Oberflächengerinne war wohl vom Anbeginn der Heraushebung des Schildes nach Osten gerichtet. Mit der Ausbildung der in Abb. 2 illustrierten Verhältnisse entwickelten sich die gewaltigen Sammelströme, die bis zum Beginn des Quartärs die ganze Arabische Halbinsel kreuzten. Ihre Zeugen sind die noch heute die geologische Karte der Arabischen Halbinsel prägenden riesigen Schwemmfächer der Wadis Ar Rimah –

Wadi Batin, Wadi Birk – Wadi Sahba und Wadi ad Dawasir am Saum des Arabischen Schelf Plateaus.¹³

Im überwiegenden Teil der vom Asir Hochland flach nach Osten abfallenden Peneplain des kristallinen Schildes überwiegt heute die aride Morphodynamik. Im Osten sind auf weite Flächen die alten Böden abgetragen oder ausgeblasen, Steinwüste oder überhaupt der nackte Fels herrschen vor. Junge Lockermaterialablagerungen treten als alluviale Schuttfächer von enormer Ausdehnung in den weiten Wadisenken auf, die vielfach ohne deutliche Grenzen zu Teilebenen verschmelzen. In diesen Aufschüttungsflächen finden sich charakteristische aride Bodenprofile mit einer Steinpflasterlage am Top und darunter einer meist geringmächtigen Feinsandlage, die in die anstehenden Lockersedimente überleitet. In diesen treten einzelne Gips- oder auch Karbonatkrusten auf, bei feinkörnigeren Sedimenten kann es auch zur vollständigen Verkittung der Kornpartikel durch eine Matrix von Gipskristallen kommen. Dort, wo die Entwässerungssysteme durch Dünenbarrieren unterbrochen sind, kann es zu Salztonbildungen in den oberstromigen Staubereichen kommen. Eine agrarwirtschaftliche Nutzung dieses weiten östlichen Schildareals ist daher weitgehend limitiert auf die noch periodisch durchflossenen oberen Wadiabschnitte, z. B. der Wadis Turabah, Bisha, Ranyah und Najran (s. Abb. 10).

9.1.1.6.2. Die großen Wadisysteme

Von den großen Wadisystemen sammeln sich die Wadis Turabah, Bisha und Ranyah am Ostrand des Schildes zu dem einst gewaltigen Vorfluter Wadi Ad Dawasir mit seinem riesigen Schwemmfächer in das heutige Becken der Rub' Al Khali, dem auch das selbständige Wadi Najran zustrebt.

Am intensivsten untersucht ist das obere Wadi Bishah. Die hier liegenden Schotterterrassen sind in ihrem Aufbau im Detail zwar durch die wechselnden hydrologischen Bedingungen im Zuge der quartären Klimaschwankungen differenziert, führen aber in größeren Abschnitten zusammenhängende Grundwasserkörper. Die Aquifere erreichen im Raume nördlich und südlich des Ortes Bisha eine Mächtigkeit von 60 m. Das hier gespeicherte Grundwasser kann nach bei A. B. El Khatib zitierten Berechnungen (1980, p. 71) im Ausmaß von 1.300 MCM/Jahr genutzt werden. Insgesamt bestehen in diesem Abschnitt ca. 1.500 Brunnen. Etwa 80 % der Brunnen sind handgegraben¹⁴ (ca. 15 m tief mit Motorpumpen). Die tägliche Bewässerungszeit hängt von der Art der Bodennutzung ab. Theoretisch könnten aus diesen Brunnen ganztägig 28 l/s gepumpt werden. Im nördlichen Teilbecken der Oase Bisha überschreitet die tägliche Pumpzeit im Durchschnitt jedoch selten 6 Stunden, das bedeutet eine Wasserentnahme von 605 m³ (100 m³/h) pro Tag. Die Größe des gesamten landwirtschaftlich genutzten Gebietes im Wadi Bisha umfaßt nach Angaben des Ministry of Agriculture and Water 21.000 ha. Der Umfang des gesamten Einzugsgebietes des Wadis beträgt über 35.000 km² und liegt in der Niederschlagszone von 400–500 mm/y (vgl. Tab. 2). Aufgrund der Berechnungen ist anzunehmen, daß etwa 10 % des Niederschlages der Grundwasserspeicherung zukommen.

¹³ s. geol. Karte von Saudi Arabien 1 : 2,000.000.

¹⁴ sog. „hand dug wells“.

Nimmt man für die beiden anderen großen Zubringer zum Wadi Dawasir, d. h. für das Wadi Ranyah und das Wadi Tathlith (s. Abb. 11) dieselben hydrologischen Bedingungen an, was auf Grund der geologisch-morphologischen Gegebenheiten durchaus berechtigt ist, so liegen in den Wadis der ausgedehnten Ostflanke des Asirhochlandes noch beachtliche Grundwasserreserven für die Landwirtschaft Saudi Arabiens.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die wasserwirtschaftliche Situation in den großen Wadis Südwestarabiens. Die Zahlen sind mangels ausreichender bzw. durch nicht immer übereinstimmende Angaben zum Teil nur eine größenmäßige Orientierung.

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß erstaunlich große Bereiche über Grundwässer guter Qualität verfügen.

Eine besondere Stellung nimmt sowohl durch die landwirtschaftliche und handwerkliche Produktion als auch durch die örtliche Handelsfunktion des Oasenortes das Wadi Najran ein.

Besondere Anstrengungen wurden seit 1970 unternommen, die bei Sturmfluten zerstörenden und ungenutzt abfließenden gewaltigen Wassermengen zu bändigen. Tabelle 3 gibt einen (unvollständigen) Überblick über von 1970 bis 1984 durchgeführten Speicher- und Dammbauten im Asirgebiet (s. Abb. 10). Es handelt sich meist um Mehrzweckanlagen, einige davon sind von beachtlicher Größe. Bedenkt man, daß zum Aufschluß dieser Bereiche mehrere tausend Kilometer Straßen gebaut werden mußten, so kann man der Leistung des Königreiches seine Anerkennung nicht versagen. Die mit diesen Dammbauten erreichte Flutkontrolle und wasserwirtschaftliche Speicherwirtschaft für Bewässerungsanlagen und Grundwasseranreicherung sichern und verbessern die zukünftige landwirtschaftliche Situation des Gebietes.

9.1.1.6.3. Verteilung von Niederschlag, Nutzflächen und Bevölkerung nach Höhenzonen des Hochlandes von Asir

Wenn auch das geologische W-E-Profil (Abb. 2) aufgrund der Tektonik (Grabenbruch Rotes Meer, Heraushebung des Schildes) eine geomorphologische Asymmetrie von Steilabfall (Escarpmnt) im Westen und einem flachen Einfallen des Schildes nach Osten zeigt, so ist im Detail doch auch die Abdachung nach Osten durch einen Wechsel von tektonischer Aktivität und tektonischen Ruhephasen in flachere und steilere geomorphologische Zonen gegliedert. Da die steileren Zonen zu Zeiten feuchteren Klimas auch eine stärkere erosive Zerschneidung erfuhren, liegen auch im Ostteil des Schildes Bereiche reger Reliefenergie, die siedlungsfeindliche Elemente in große Areale einbringen. Eine genauere geomorphologische Bearbeitung liegt unseres Wissens nicht vor.

Die Folgen der geomorphologischen Verhältnisse zeigt jedoch der von A. B. El Khatib (1980, p. 73) gegebene Hinweis auf die Verteilung von Nutzflächen und Bevölkerung im Hochland von Asir nach Höhenzonen, die in Tabelle 4 zusammengefaßt wurden. Was die absoluten Zahlen der Bevölkerung angeht, so sind sie mittlerweile veraltet. Wie überall in Saudi Arabien ging in den letztem Jahrzehnten eine sprunghafte Entwicklung vor sich, deren Ausmaß in Europa faktisch unbekannt ist.

Die Stadt Abha, das Zentrum Asirs, war zur Zeit unseres ersten Besuches 1971 ein Provinzstädtchen mit unzulänglichen Verkehrsverbindungen und z. B. einer einzigen Arztpraxis. Bei unserem zweiten (längeren) Aufenthalt im Jahre 1977 bestanden Verkehrsverbindungen mit Betonstraßen nicht nur nach Norden und Süden sondern auch

über das schier unüberwindliche, extrem steile über 2.500 m hohe Escarpment zum Roten Meer eine Gebirgsstraße mit zahlreichen Tunnelstrecken. Für die ärztliche Betreuung sorgte bereits ein modernes Krankenhaus, von dessen guter Ausstattung wir uns aus gegebenem Anlaß selbst überzeugen konnten.

Von der in Dorfgemeinschaften und Oasensiedlungen lebenden Landbevölkerung betreiben ca. 84 % Ackerbau und Viehhaltung und ca. 16 % die Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte, Handwerk (Kunstschmiede, Textilien), Handel und Gastgewerbe. Die wichtigsten landwirtschaftlichen Produkte sind Datteln, Zitrusfrüchte, Weintrauben, Weizen, Gerste, Sorghum, Luzerne und Gemüse. Die großen Weideflächen, wieder mit verschiedenem Prozentsatz auf die Höhenzonen verteilt (s. Tab. 4), nehmen in Asir etwa 216.000 km² ein, wobei der Viehbestand des gesamten Bereiches von A. B. El Khatib (1980, p. 74) mit 860.000 Schafen und Ziegen, 126.000 Kamelen, 42.000 Rindern und 17.000 Eseln (u. Maultieren) angegeben wird.

9.1.1.7. Die Tihama

Als Tihama wird der südlich von Jeddah bis über die Staatsgrenze zum Jemen ziehende Landstreifen zwischen der Küste des Roten Meeres und dem Escarpment des Hochlandes von Asir bezeichnet. Es handelt sich um eine Fläche von insgesamt 54.000 km².¹⁵

Der etwa 500 km lange Landstreifen wird in die Nördliche Tihama zwischen Jeddah und den Basaltaufbruch um Al Birk, und die Süd-Tihama zwischen Al Birk und Jemen unterteilt (Fig. 11). Auch in sich ist die Tihama geologisch-morphologisch in die Sand- und Akkumulationsflächen entlang der Küste („Küsten-Tihama“, in der Nord-Tihama „Tihamat ash Sham“, in der Süd-Tihama „Tihamat Asir“) und das Vorgebirge gegliedert. Die punktierte Linie in Abb. 10 zeigt die ungefähre Grenze zwischen Küsten- und Berg-Tihama.

9.1.1.7.1. Die Nördliche Tihama

Die ca. 30 km aber wechselnd breite zur Küste abfallende Fläche der Tihamat ash Sham birgt in ihren quartären Ablagerungen, Kiesen, Sanden mit tonigen Zwischenlagen, die wichtigsten Aquifere. Ähnlich wie in der Süd-Tihama bilden sich wasserstauende Unterlagen in Küstennähe meist tonige Sedimente der tertiären Bayd-Formation, in der Berg-Tihama übergehend in Jurasedimente und Gesteine des präkambrischen Basements (vgl. Abb. 15). Generell besteht eine vom Austritt der Wadis aus der Berg-Tihama gegen die Küste hin zunehmende Mächtigkeit des Quartärs von etwa 25 m in der nördlichen Tihamat ash Sham bis über 100 m in der Süd-Tihama.

Die Wadis des Nördlichen Tihama reichen mit ihren Quellflüssen bis an die Wasserscheide zwischen dem Roten Meer und dem Arabischen Gold im Asir Hochland zurück. Ihre Einzugsgebiete sind aber im Vergleich zur Süd-Tihama relativ klein. Sie liegen zwischen 710 km² (Wadi Iyar) und 2.700 km².¹⁶

¹⁵ El Khatib 1980: 18.

¹⁶ Wadi Al Lith; vgl. Al Hamza 1982; s. auch Abb. 11.

Den Hauptteil der Wasserführung der Wadis bestreiten die Zuflüsse aus der Berg-Tihama. Bei exzessiven Stauregen am Escarpment kommt es zu den gefürchteten Hochwasserfluten. Abgesehen von diesen Hochwässern versickert der perennierende Abfluß im Mittelbereich der Akkumulationsebene. Hier liegt auch der Hauptteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Die Küste entlang zieht, nur von Riffkalken, Korallenbänken und dem Basaltflow von Al Birk unterbrochen, eine meist 2 bis 4 km breite Sabkha. Die Salzsümpfe gehen entweder auf die Verdunstung oberflächennahen Grundwassers oder eindringendes Meerwasser zurück.

Tabelle 5 gibt einen Überblick über wasserwirtschaftliche Daten der wichtigsten Wadis der Nördlichen Tihama (vgl. auch Abb. 10). Am eindrucksvollsten ist wohl die gleichmäßig geringe Abflußspende ($1/s \cdot km^2$), die schließlich für die Grundwasserneubildung von Bedeutung ist. Daß letztere immer noch nennenswert ist, verdankt der Bereich, der diese Anreicherung empfängt, dem jeweils doch beträchtlichen Einzugsgebiet. Berechnungen einer Grundwasserbilanz bzw. ein Vergleich des derzeitigen Verbrauches des dünn besiedelten Gebietes mit den vorhandenen Reserven liegt nur für das Wadi Lith vor.¹⁷ Bei einer Grundwasserneubildung in diesem Wadi von ca. 11,4 MCM/a (s. Tab. 5), entspricht der derzeitige Verbrauch nur etwa 5 % der berechneten Grundwasserneubildung.

Eine annehmbare Wasserqualität ist nur im Ober- und Mittellauf der Wadis gegeben, im Unterlauf nimmt die Salinität des Wassers rasch und stetig zu. W. Hamza regt an, daß aus diesem Grund auch die Trinkwasserversorgung des Städtchens Lith durch im Oberlauf des (der) Wadis niederzubringende Brunnen sichergestellt werden sollte. Die derzeitige Bevölkerungsdichte liegt bei etwa 10 Einwohner pro 100 km², schätzungsweise 1980 ca. 50 % Nomaden. Der gesamte Viehbestand wird mit 96.000 Schafen, 19.600 Rindern, 16.000 Eseln, 237.000 Ziegen und 48.000 Kamelen angegeben.¹⁸

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Nördliche Tihama nur wenig Chancen für wesentliche Entwicklung hat. Die Hafenorte sind nur für kleine Schiffe befahrbar, die Verkehrslage gibt auch für eine bescheidene Fischverarbeitung kaum Anreiz. Für eine intensivere Landwirtschaft sind die Grundwasserkapazitäten für notwendige Bewässerungsanlagen größeren Ausmaßes unzureichend (Tab. 5): Die Niederschläge aber reichen für den Ackerbau nicht aus, sie werden erst im südlich anschließenden, vom Monsun her bereicherten Gebiet, zum entscheidenden Faktor für die in der Süd-Tihama wesentlich günstigeren Bedingungen.

9.1.1.7.2. Die Süd-Tihama

Die Süd-Tihama ist sowohl bezüglich der Mächtigkeit grundwasserführender Akkumulationsterrassen als auch der Niederschlagshöhen (Abu Arish in der Küstenebene 275 mm, Jabal At Tirf östlich Jizan ca. 1.600 mm, langjähriges Mittel 585 mm) im Vergleich zur Nord-Tihama (Küstenebene 100 mm, Bergland 200 – max. 310 mm) begünstigt.

¹⁷ Hamza 1982: 81 ff.

¹⁸ El Khatib 1980: 170.

Im Durchschnitt wurde für die Akkumulationsflächen der Süd-Tihama eine Grundwasseranreicherung je nach den örtlichen Gegebenheiten von 9 bis 45 % des Oberflächenabflusses errechnet.¹⁹ Das schematische geologische W-O-Profil durch die Terrassenebenen im Hinterland von Jizan zeigt die hydrogeologisch günstigen Voraussetzungen (Abb. 16). Die Grundwasserreserven werden besonders für den Bereich von Jizan sehr hoch eingeschätzt und für den Ausbau der Nutzung wurden zwei besonders bedeutende Maßnahmen gesetzt, nämlich der erste große Dammbau (Malaki Damm, s. Tab. 3) zur Flutkontrolle und Regelung der Bewässerung (eröffnet 1970) und die Beauftragung von großen Consulting Firmen²⁰ zur Erstellung umfassender Studien für die landwirtschaftliche Entwicklung der Süd-Tihama (1975).

Abb. 16 ist eine vereinfachte hydrogeologische Darstellung auf der Grundlage der geologischen Karte von E. Müller (1984).

Wie in der Nördlichen Tihama wird die Küste bis auf wenige Ausnahmen von einem Sabkha-Streifen begleitet. Durch Tritium-Datierungen²¹ von heute über dem Meeresspiegel liegenden Korallenbänken und verkitteten Muschelresten besonders im Basaltaufbruch von Al Birk (selbst erst quartären Alters) wissen wir mit Sicherheit vom holozänen (Flandrischen oder noch jüngeren postglazialen) Meereshochstand auch im Roten Meer, der, wenn die Sabkhabildung nicht schon weiter zurückliegt, sie wohl nachhaltig beeinflusste. Der hier liegende Salzwasserspiegel taucht landeinwärts unter den süßwasserführenden Grundwasserkörper ein (Abb. 17). Die größte Mächtigkeit des gering mineralisierten („süßen“) Grundwasserkörpers mit mehr als 100 m (!) wurde in den Aufschüttungsebenen der Wadis Baysh, Sabya, Jizan, Maqab und Miqhyala geortet (vgl. Abb. 16, 17). Zum Teil handelt es sich um alte, heute aufgefüllte Wadi-Rinnen, deren Verlauf sich nicht immer mit den heutigem Wadibett deckt. Pumpversuche in diesen Bereichen brachten sehr gute Ergebnisse, sie wurden in den Tabellen 6 und 7 zusammengefaßt. Tabelle 6 zeigt den Stand der Wassernutzung zur Zeit des Beginns der Erschließung.

Die vorliegenden Bevölkerungszahlen (193.000 sesshafte Bewohner, 30.000 Nomaden für den Bereich ohne Jizan) sind heute hoffnungslos veraltet, zeigen aber bereits den deutlichen prozentuellen Überhang der sesshaften Bevölkerung im Vergleich zur Nördlichen Tihama.

Typisch hierfür ist auch der andersgeartete Prozentsatz in der Tierhaltung (Süd-Tihama 1977 248.000 Schafe, 41.000 Rindern, 31.500 Esel, 30.000 Ziegen aber nur 8.150 Kamele).

Ein absoluter Bruch aber vollzog sich in der Siedlungslandschaft. Die 1971 noch absolut die Landschaft beherrschenden, dem Klima angepaßten Rundhütten mit reich verzierten Innenwänden und Schilfdach, von der Ferne den Trulis in Apulien ähnlich bzw. den Zeltlagern eines gewaltigen Heeres gleichend, sind verschwunden und modernen Betonbauten mit Klimaanlage gewichen.

Den Kern der Süd-Tihama, von dem die schnelle Entwicklung ausging, bildet das Wadi Jizan mit der gleichnamigen Hafenstadt und Sitz der Regionalverwaltung.

Schon vor der Verwirklichung des Entwicklungsprojektes lag eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von 43.000 ha im Nordosten der Stadt.

¹⁹ E. Müller, K. Fredrich & H. Klinge 1984: 186.

²⁰ German-Consult, Ital-Consult u. a.

²¹ GSF-Institut für Radiohydrometrie (heute Hydrologie), München Neuherberg.

Unter Mitarbeit der FAO begann bereits 1951 die Planung eines systematischen Entwicklungsprojektes, das den Bau des Malaki-Staudamms und einer landwirtschaftlichen Versuchsanstalt einschloß. Letztere befaßte sich neben der Untersuchung der geeigneten Bewässerungstypen auch mit erfolgreichen Versuchspflanzungen bisher nicht gezogener Produkte wie Baumwolle, Bohnen, Erdnüssen etc. Auch in der Weiterentwicklung der bereits bisher gezogenen Agrarprodukte wurde (und wird) gearbeitet.

Wie vom Ministerium für Agriculture and Water glaubhaft versichert wurde, sind alle bisher durchgeführten und für die nahe Zukunft geplanten Bewässerungsprojekte ebenso wie der vermehrte Verbrauch von Trink- und Nutzwasser durch die Nutzung von 60–80 % der in der Wasserbilanz bisher unberührten Reserven gewährleistet.

9.1.1.7.3. Der Raum Jeddah – Mecca

Das Gebiet unterscheidet sich von den bisher besprochenen Bereichen, als seit jeher das wasserwirtschaftliche Problem in der Versorgung städtischer Siedlungen lag. Die wenigen Oasen in den Wadis der hier sehr breiten Berg-Tihama, in der sich die Heilige Stadt den Augen der Nicht-Muslime entzieht, konnten seit langem nicht einmal mehr den Gemüse- und Früchtebedarf, geschweige denn der Belieferung der Siedlungen mit den Grundnahrungsmitteln gerecht werden.

Jeddah war lange Zeit der einzige bedeutende Hafen Arabiens am Roten Meer. Der raketenhafte Aufstieg des Industriefhafens Yanbu al Bahr, 400 km nördlich von Jeddah, ist ein Kind der Erdölrevolution. Jeddah ist weiters das Einfahrtstor der moslemischen Pilger zur Heiligen Stadt Mecca und eine alte Handelsstadt, der Ort der Auslandskontakte und Sitz der Gesandtschaften und Konsulate, der ersten naturwissenschaftlichen Universität und wissenschaftlich-technischen Instituten, und nicht zuletzt das Hauptquartier der Montanisten und Geologen mit regen Auslandskontakten (U. S. Geological Survey, BRGM etc.).

Laut El Khatib (1980 p. 324 ff.) wird man bei dem zukünftigen Ausbau Jeddahs völlig auf die Versorgung durch Meerwasserentsalzung umstellen und die bisher genutzten Wadigrundwässer für Bewässerungsanlagen der landwirtschaftlichen Nahversorgung freigeben.

Tab. 1: Stratigraphische Übersicht der Gesteinsfolgen Südwest-Arabiens

Alter (in Mill. Jahren)	Bezeichnung	Lithologie	
Quatär 0–2		Schotter, Sande, Schluffe, Korallen, Kalke, Basalte, vulkanische Tuffe	
Jungtertiär 2–35	Jizan Gruppe	Raghma Formation	Evaporite (Gips, Steinsalz)
		Baid Formation	Ton- und Siltsteine, Sandsteine, Konglomerate
		Dyke Formation	Basalte und vulkanische Tuffe
Kreide und Jura 70–190	Hanifah (=Amran) Formation	Kalkgesteine	
	Khums (=Kkolan) Formation	z. T. Sandsteine	
Paläozoikum (? Perm) 230–600	Wajid Formation	Sandsteine	
Präkambrium 600–700	Murdama Gruppe Fatimah Gruppe	versch. Intrusivkomplexe	Metavulkanite (Rhyolite, Dazite, Andesite), Konglomerate, Arkosen, Kalkschiefer
750–800	Ablah-, Halaban-Arafat Gruppe		Metavulkanite (Basalte, Andesite, Dazite), Konglomerate, Phyllite, Kalkschiefer
900–950	Baish-, Bahah-Sabya Gruppe		Metavulkanite (Basalte, Andesite, Dazite), Konglomerate, Phyllite, Kalkschiefer
			Granite, Granodiorite, Diorite, Gabbro

Tab. 2: Landwirtschaftlich genutzte Flächen 1980 in Area III MA (144.000 km²)

Bereich	kultiv. Fläche ha	davon künstl. bewässert	zusätzl. nutzbare Fläche	davon nahe Siedlung	Informationsquelle
Gesamte Area III im Asir-Hochland	108.000	27.000	909.000	306.000	AL. KH. 1980: 18, 72
Anzahl der Brunnen (1980) und berechnete Aquifer Volumen der Sub-Basins von Area III*					
Sub-Basins (A.KH, Fig. 11: 125)	Einzugsgebiet km ²	Anzahl der Brunnen	Aquifer Volumen 10 ⁶ m ³	Wasserqualität im Bereich der großen Oasen pp. TDS	Informationsquelle
Turabah-Khurma	15.950	?	760	600–1.500	
Ranyah S.-B.	11.950	980	84	300–600	A.KH
Wadi Bisha S.-B.	35.750	^{xx} 5.800	^{xx} 6.000	400–1.000	A.KH, MA (^{xx} I)
Tathlith S.-B.	29.780	3.280	650	–1.500	A.KH
Hahawna S.-B.	7.280	550	4.800	?	MA
Najran	*10.800	9.900	?	300–700	*A.KH, MA

A.KH Abdel Basset El Khatib

MA Ministry of Agriculture and Water, Riyadh

^{xx}I Italconsult

J.M.T Jedda-Mecca-Taif-Areal

* Der Versuch, einigermaßen verlässliche Daten zu vermitteln, ist aufgrund unvollständiger Quellen und Mangel an vergleichbaren Gebietsgrößen schwierig. Vom MA ist das ganze Land in wasserwirtschaftliche Gebiete unterteilt (Area I – VIII + J.M.T. vgl. A. KH, Fig. S. 18). Das Hochland liegt vorwiegend in Area III. Da sich die Grenzen der wegen der Größe der Gebiete notwendigen Unterteilung in „Sub-Basins“ (S.-B.) nicht immer mit den Area-Grenzen decken, stimmt die Summe der S.-B.-Flächen nicht genau mit der angegebenen Fläche des gesamten Gebietes überein.

Tab. 3: Dämme in Wadis im Hochland von Asir und im Hinterland der Tihama. Lage s. Abb. 11

Nr. Abb. 11	Wadi	Name des Dammes	Größe des Einzugsgebietes (km ²)	Speicherkapazität MCM	Datenquelle ¹⁾	Verwendung ²⁾	Bautypus ³⁾
1	Liyah, Taif	Liyah	178	10	E.K.H.	W	SC
2	Wadi Turabah	Turabah	1.460	20	E.K.H. und MA	F, G	C
3	Wadi Ranyah	Thuma	20	0,3	MA	G	C
4	Wadi Bisha	Abha	59	2,4	E.K.H.	W	C
5	Wadi Tathlith	Khaybar	350	?	E.K.H. u. MA	I, F	C
6	Wadi Tathlith	Syrat Abidah	19	1,5	MA	G	E
7	Wadi Tathlith	Hajlah	42	1,0	MA u. E.K.H.	G	E
8	Wadi Tathlith	Saroom	25	1,0	E.K.H. u. MA	G	C
9	Wadi Najran	Mudhiq	4.520	86	E.K.H. u. MA	F, I	C
10	Wadi Jizan	Malaki	1.200	70	MA	I	C
11	Wadi Yiba	Al Khala	?	0,2	MA	F, I	C

¹⁾ E.K.H. = Abdel B. El Khatib (1980), MA = Ministry of Agriculture and Water, Riyadh

²⁾ F = Flutkontrolle, G = Grundwasseranreicherung, I = Bewässerung (Irrigation), W = Wasserversorgung

³⁾ C = Beton (Concrete), E = Erddamm, SC = Steindamm mit Dichtungsschürze

MCM = 10⁶m³

Tab. 4: Verteilung von Niederschlag, Nutzflächen und Bevölkerung nach Höhenzonen im gesamten Hochland von Asir

Höhenzone m ü. Seehöhe	mittlerer Jahresniederschlag in mm/y	kultivierbare Fläche in ha	Einwohner	Weidefläche km ²	Informationsquelle
>1.800	<200	ca. 92.000 davon 15.000 bewässert (Stand 1980)	ca. 405.000 sesshaft	138.000	A. B. El Khatib 1980: 73
1.400–1.800	75–150	ca. 1.700	ca. 18.000 sesshaft und ca. 8.000 Nomaden	67.000	A. B. El Khatib 1980: 73
1.000–1.400	<100	ca. 75.000	ca. 170.000 sesshaft, 90.000 Nomaden	11.000	A. B. El Khatib 1980: 73

Tab. 5: Wasserwirtschaftliche Daten der Wadis der Nördlichen Tihama (Lage s. Abb. 11)

	Einzugsgebiet km ²	mittl. jährl. Abfl. 1970–1976 MCM/a	Abflußspende l/s km ²	Grundwasser Neubildung		Grundwasser Neubildung in % vom Gesamtabfluß	freie Nutzungskapazität	
				MCM/a	l/s		l/s	l/d
Wadi Al Lith	2.700	40,8	0,48	11,4*	360	27,9	200	17,280.000
Wadi Iyar	710	10,7	0,47	3,1*	100	29,0	60	5,184.000
Wadi Shaqah Shamiyah	1.360	20,5	0,47	5,2*	169	25,4	90	7,776.000
Wadi Shaqag Yamaniyah	940	14,4	0,48	3,7*	115	25,7	60–60	5,184.000 bis 6,912.000
Wadi Duqah	1.120	16,9	0,48	3,7*	115	21,9	90	7,776.000

Tab. 6: Grundwasserentnahme aus den Projektgebieten 1–6 (ohne Wadi Jizan) zur Zeit der Untersuchungen (1978), Wadi-Gruppen s. Abb. 17

Wadi Gr. Abb. 17	Wasserversorgung				Bewässerung (Pumpbrunnen)		Gesamt		Fläche nach A. El Khatib km ²
	Schöpfbrunnen		Pumpbrunnen		MCM/a	%	MCM/a	%	
	MCM/a	%	MCM/a	%					
I	0,12	17	0,2	34	0,41	49	0,77	100	5.547
II	0,10	4	1,1	26	2,7	70	3,9	100	1.315
III	0,06	7	0,15	18	0,6	75	0,81	100	225
IV	0,02	2	0,2	22	0,6	76	0,9	100	905
V	0,03	1	0,4	17	1,9	82	2,3	100	1.827
VI	0,03	?	?	?	?	?	?	?	1.569
Projektgebiet	0,36	4	1,9	23	5,7	73	8,2	100	11.388

* nicht korrigiert

Tab. 7: Grundwasserreserven der Süd-Tihama ohne Wadi Jizan (aus E. Müller et al. 1984; teilweise korrigiert)

Wadi Gr. Area	Natürl. Ergänzung	Entnahme vor Projekt		Vorgeschlagene Entnahme		Freie Kapazität
	MCM/a	MCM/a	% d. Erg.	MCM/a	% d. Erg.	
I	9,6	0,7	8	6,7	70	6,0
II	7,3	3,8	52	5,1	70	1,4
III	3,9	0,8	20	2,7	70	1,9
IV	4,9	0,9	17	3,4	73	2,6
V	13,5	2,3	17	9,4	72	7,2
Projektgebiet	19,2	8,5	18	27,4	70	18,9

* nicht korrigiert

ABBILDUNGEN

zu

„Der geologische Aufbau der Arabischen Halbinsel“

von J. Zötl †

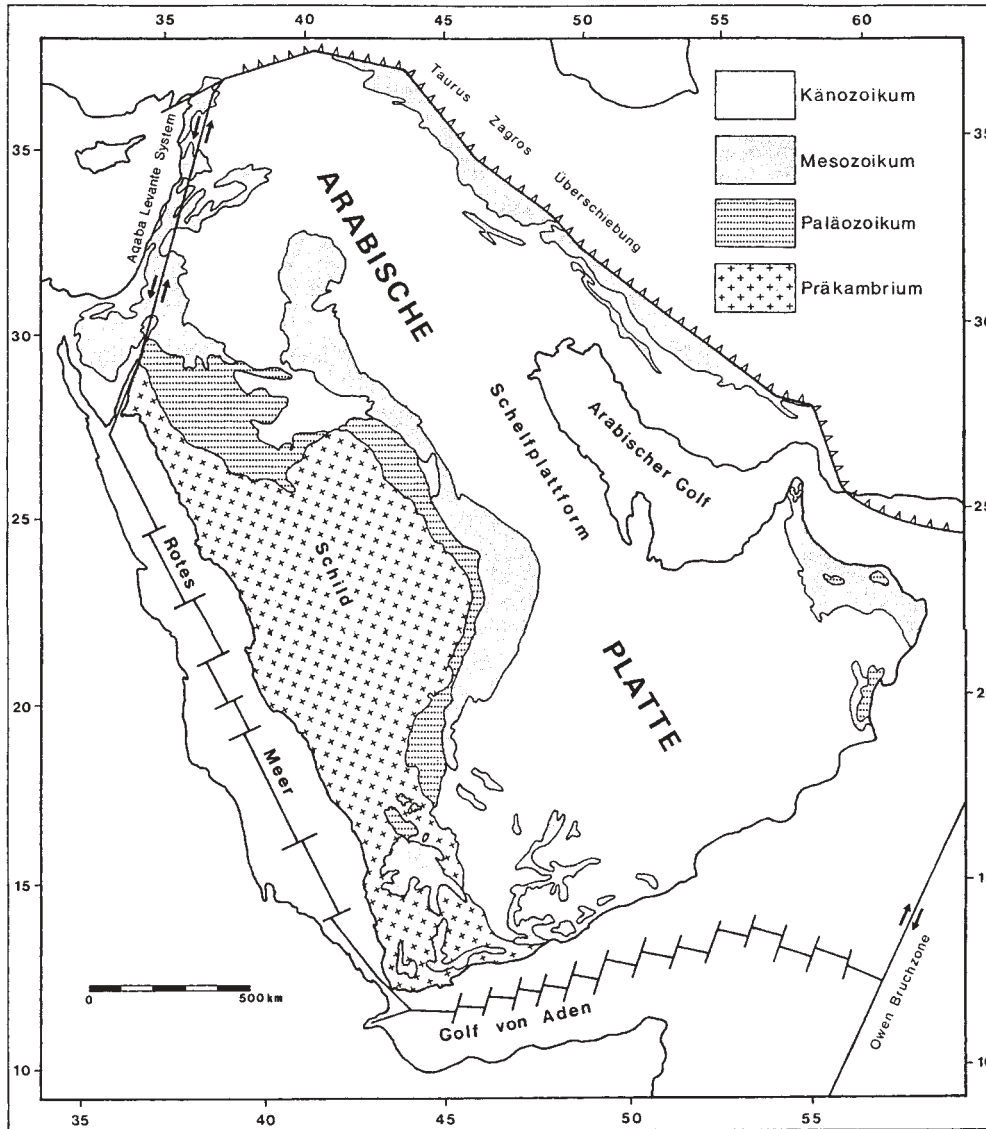


Abb. 1: Geologisch tektonische Übersichtsskizze Arabiens

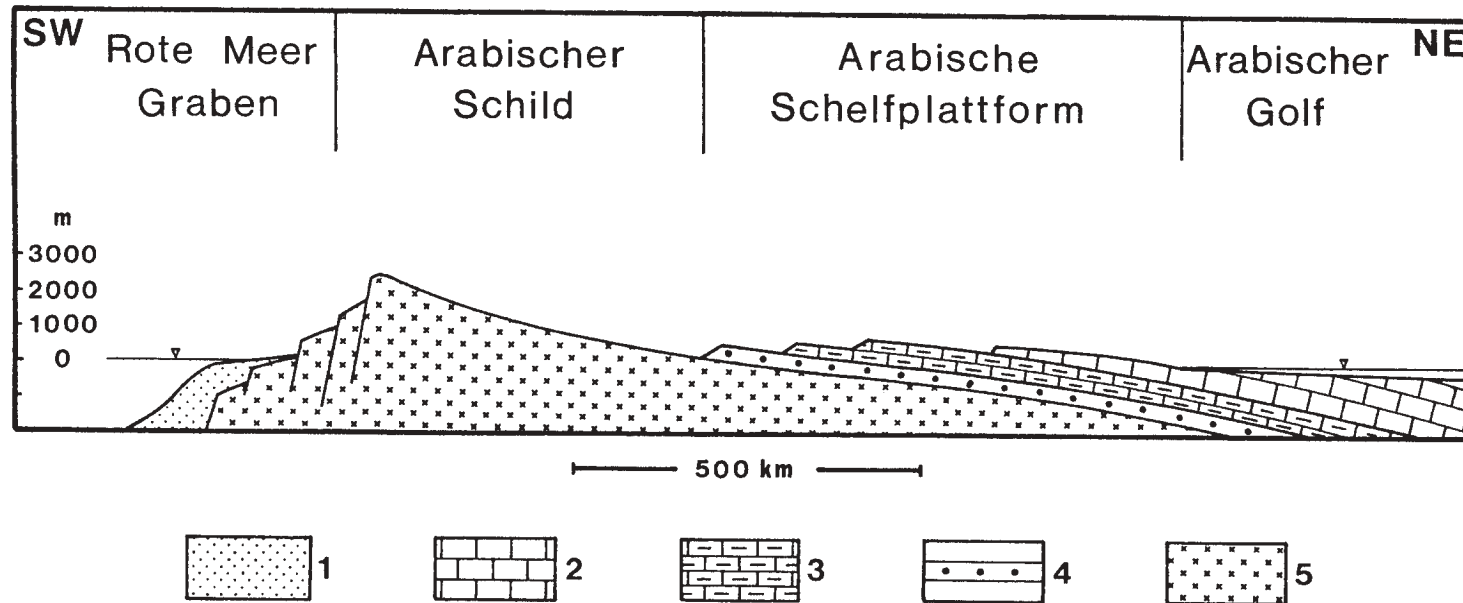


Abb. 2: Schematischer geologischer Querschnitt durch die Arabische Halbinsel

1 = Grabenfüllung; 2 = känozoische Sedimente; 3 = mesozoische Sedimente; 4 = paläozoische Sedimente; 5 = präkambrische Gesteinsserien

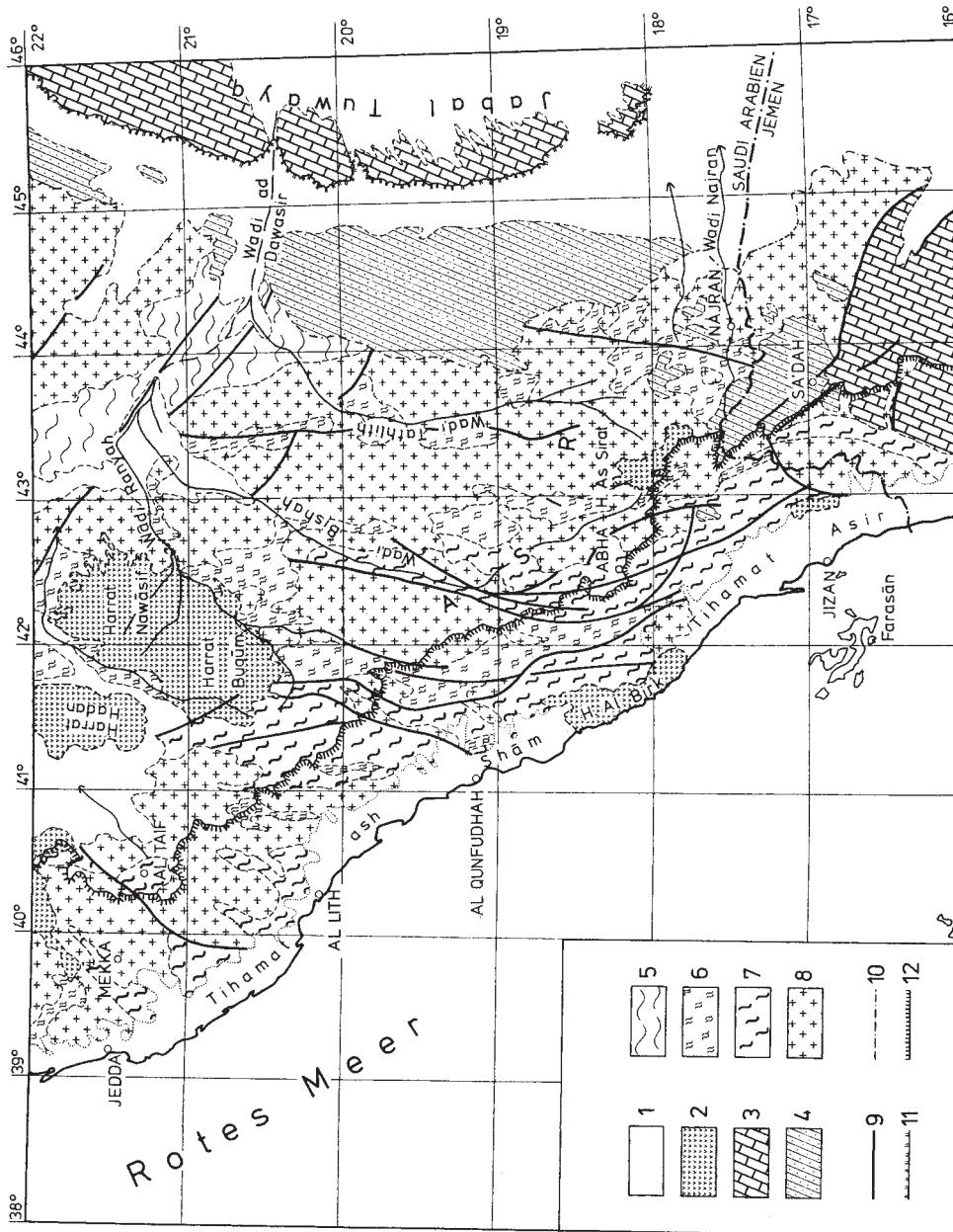


Abb. 3: Geologische Übersichtskarte von Südwest-Arabien (nach P. R. Johnson, 1983).

1 = quartäre und tertiäre Sedimente; 2 = quartäre und tertiäre Basalte; 3 = jurassische Sedimente vorwiegend Kalkgestein; 4 = paläozoische Sandsteine; 5 = jüngere präkambrische Metavulkanite, Metaklastite (Murdana- und Fatimah Gruppe); 6 = mittlere präkambrische Metavulkanite, Metaklastite (Ablah-, Halaban- und Hulayfah-Gruppe); 7 = ältere Metavulkanite und Metaklastite (Baish-, Baha- und Jiddah-Gruppe); 8 = präkambrische Intrusivkörper verschiedenen Alters (Granite, Granosiorite, Diorite, z. T. Orthogneise); 9 = Störungen; 10 = Grenze Schild/Schelfplattform; 11 = Tuwayq-Schichtstufenrand; 12 = Grabenabbruchrand

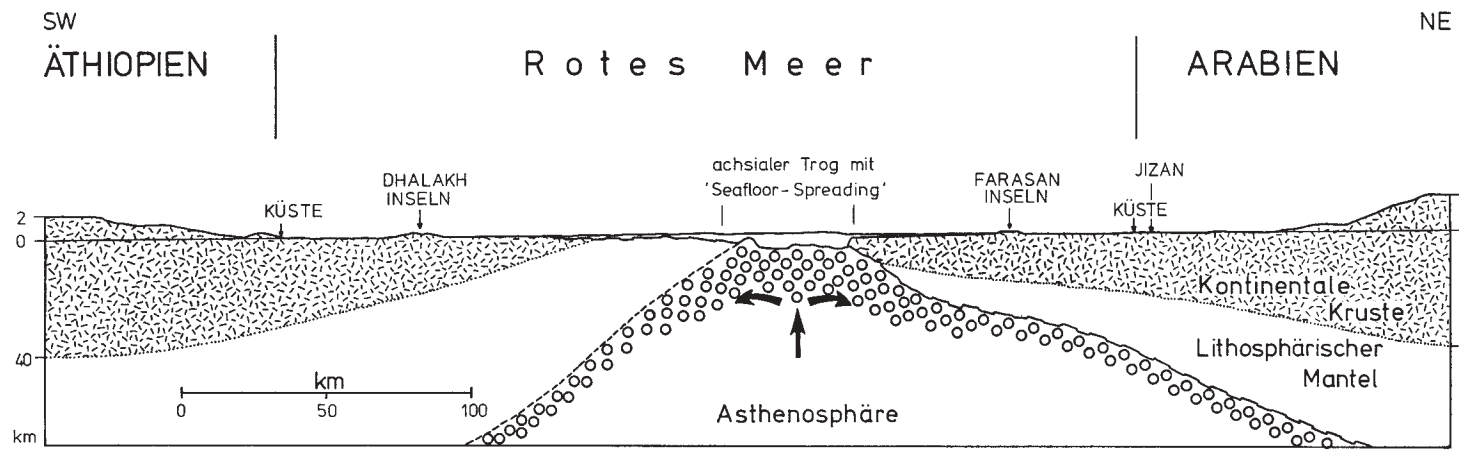


Abb. 4: Schematischer Krustenschnitt durch das Rote Meer (nach Voggenreiter et al., 1988)

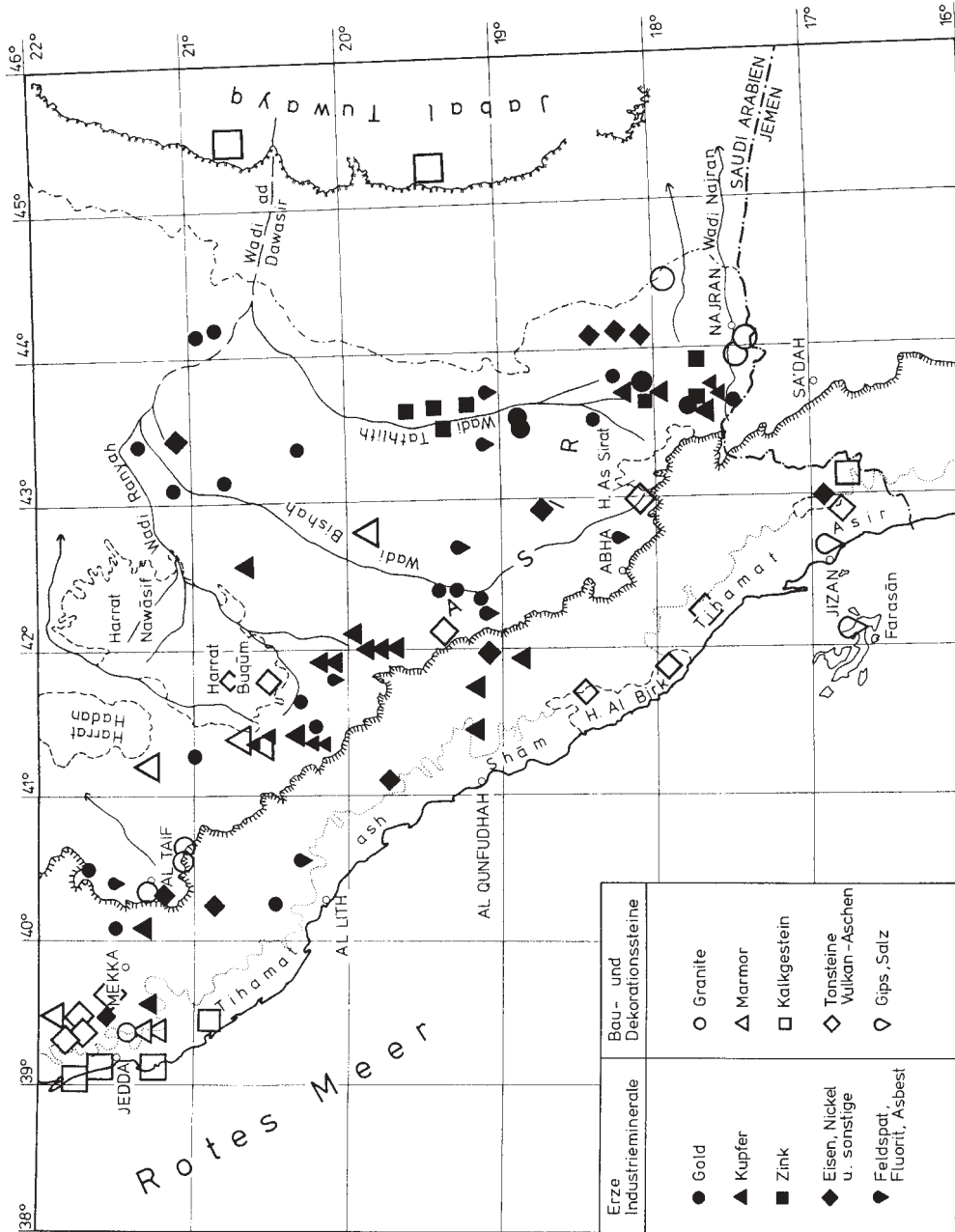


Abb. 5: Verbreitung der wichtigsten Erz- und Industriemineralvorkommen in Südwestarabien (nach Daalhoff, 1982)

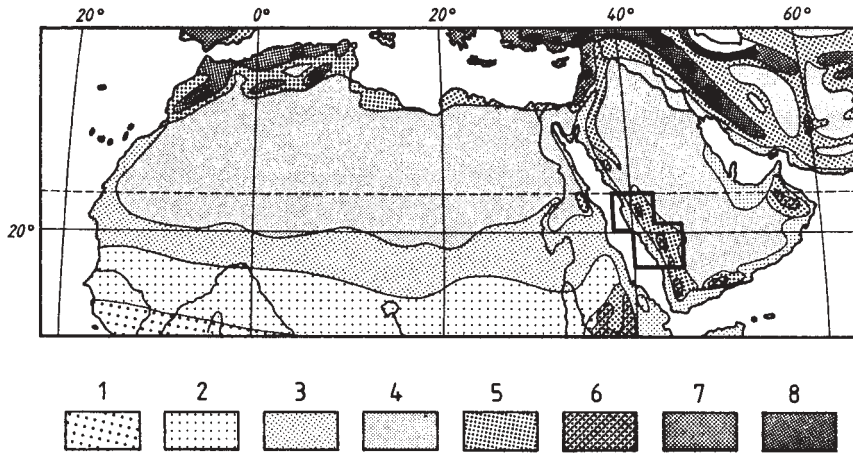


Abb. 6: Afro-arabische Klimazonen nach v. Wissmann, 1964: 1 = warmtropisch mit Trockenzeit; 2 = Trocken- und Dornsavannen-Klima; 3 = tropisches Wüstenklima; 4 = subtropisches Wüstenklima; 5, 6 = subtropisches Gebirgs- und Steppenklima; 7, 8 = mediterranes bzw. gemäßigtes Gebirgsklima z. T. mit jahreszeitlichen Niederschlägen, Untersuchungsgebiet schwarz umrandet

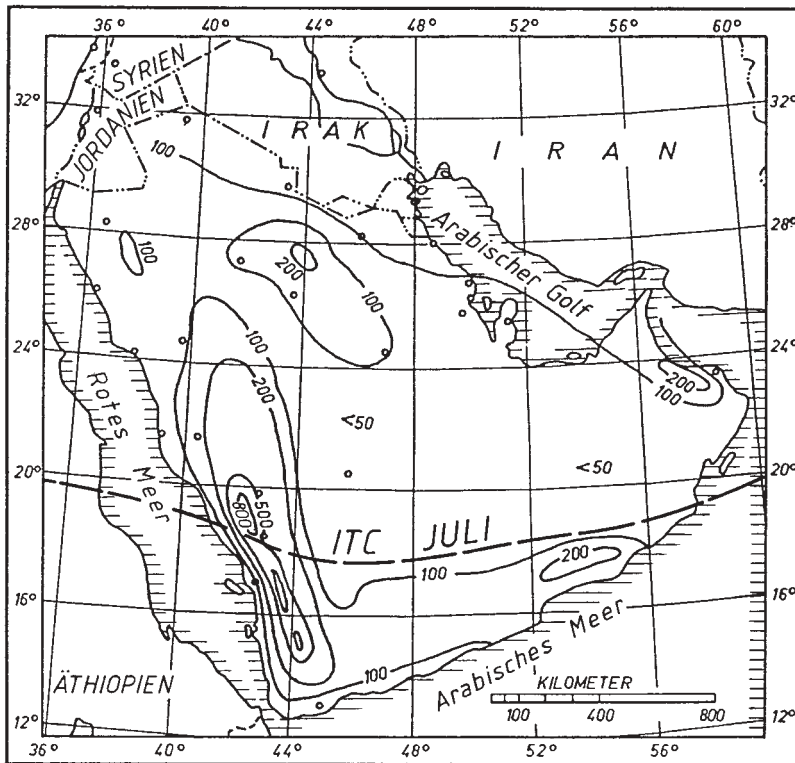


Abb. 7: Durchschnittlicher Jahresniederschlag im Bereich der Arabischen Halbinsel. ITC Nordgrenze der innertropischen Konvergenz im Juli; sie bildet im großen auch die Nordgrenze des Sommermonsuns

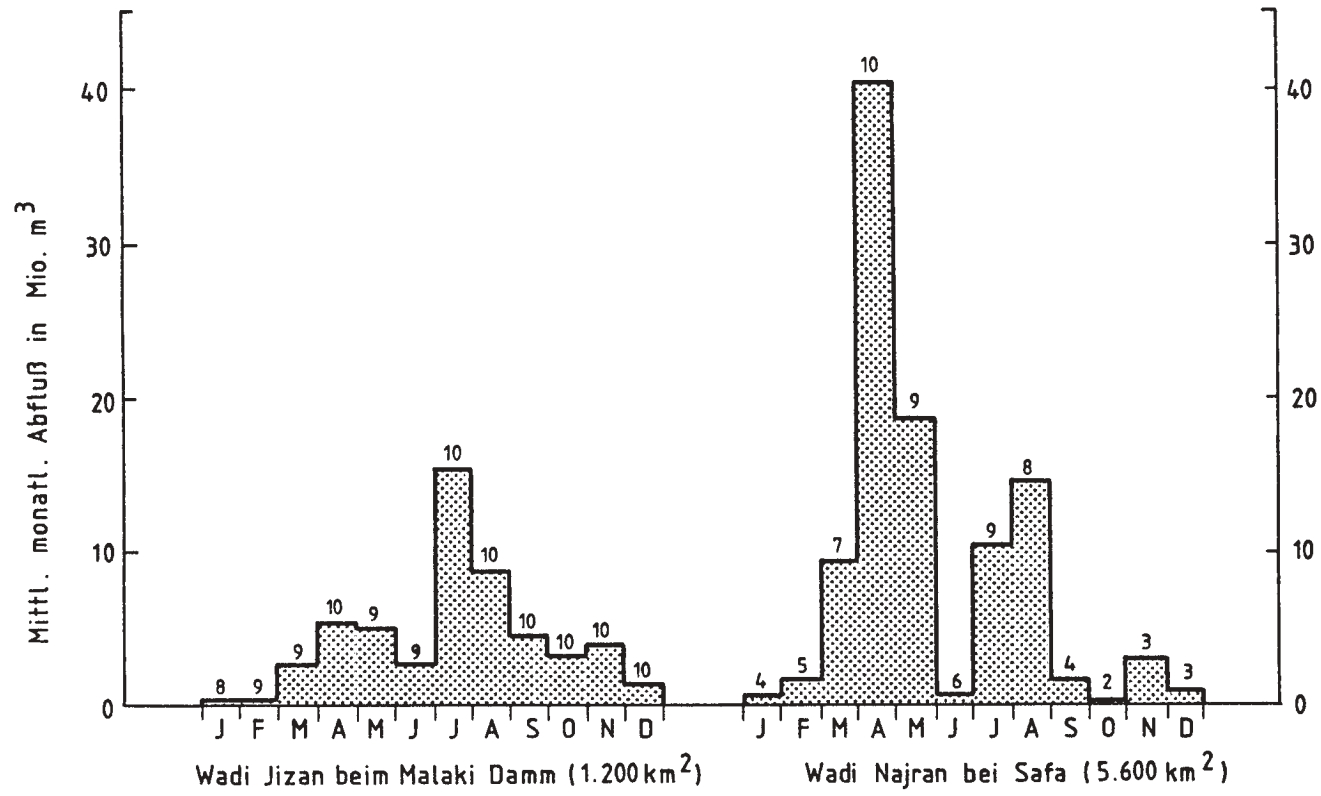


Abb. 8: Mittlerer monatlicher Jahresabfluß in Mio m³ im Wadi Jizan und Wadi Najran (s. Abb. 11)

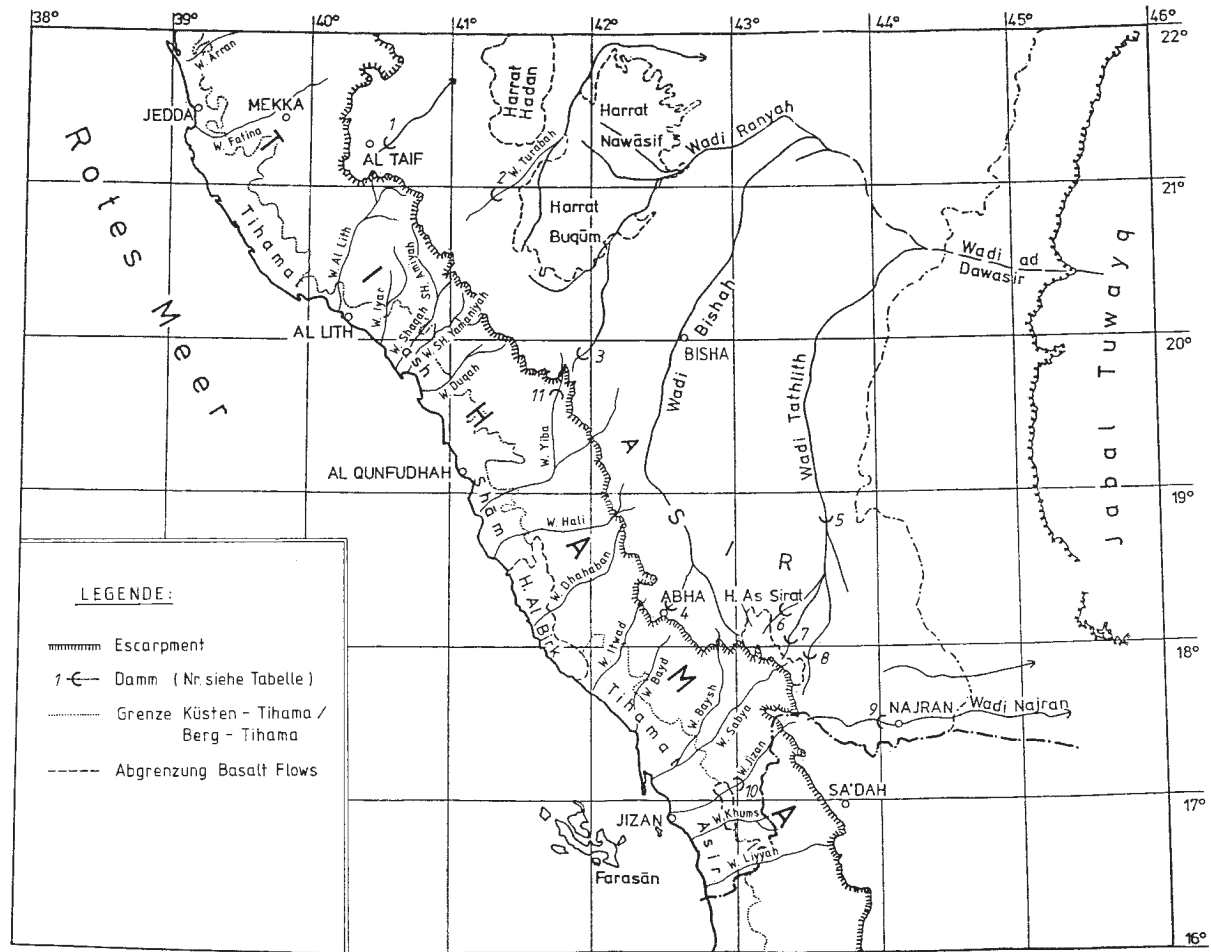


Abb. 9: Landoberfläche in kristallinen Schiefen im Hochland von Asir (Foto: J. Zötl, 1972)



Abb. 10: Landoberfläche im Granitbereich des Hochlandes von Asir (Foto: J. Zötl, 1972)



Abb. 11: Landwirtschaftliche Nutzung kleiner Abtragungsakkumulationen im Hochland von Asir. Die Länge des Trippelpfades zum Schöpfen des Wassers deutet die Tiefe des Brunnens an (Foto: J. Zötl, 1972)

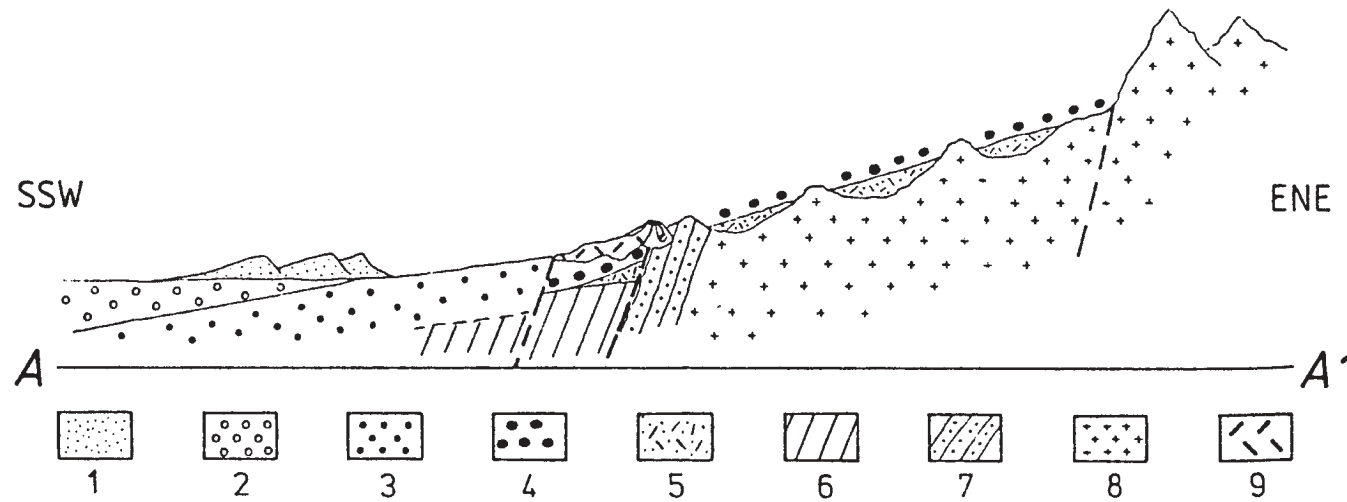


Abb. 12: Schematischer Querschnitt durch die Süd-Tihama im Bereich von Jizan. 1 = äolischer Sand; 2 = Schotter und Sand der Niederterrasse; 3 = Schotter der mittleren Terrasse; 4 = Hauptterrasse, Grobschotter und Blockwerk; 5 = sandig-siltige Akkumulation; 6 = Bayd- und Syke-Formation, Tertiär; 7 = jurassische Khums Sandsteine; 8 = präkambrisches Basement; 9 = junge Basalte (Profil A-A' in Abb. 13)

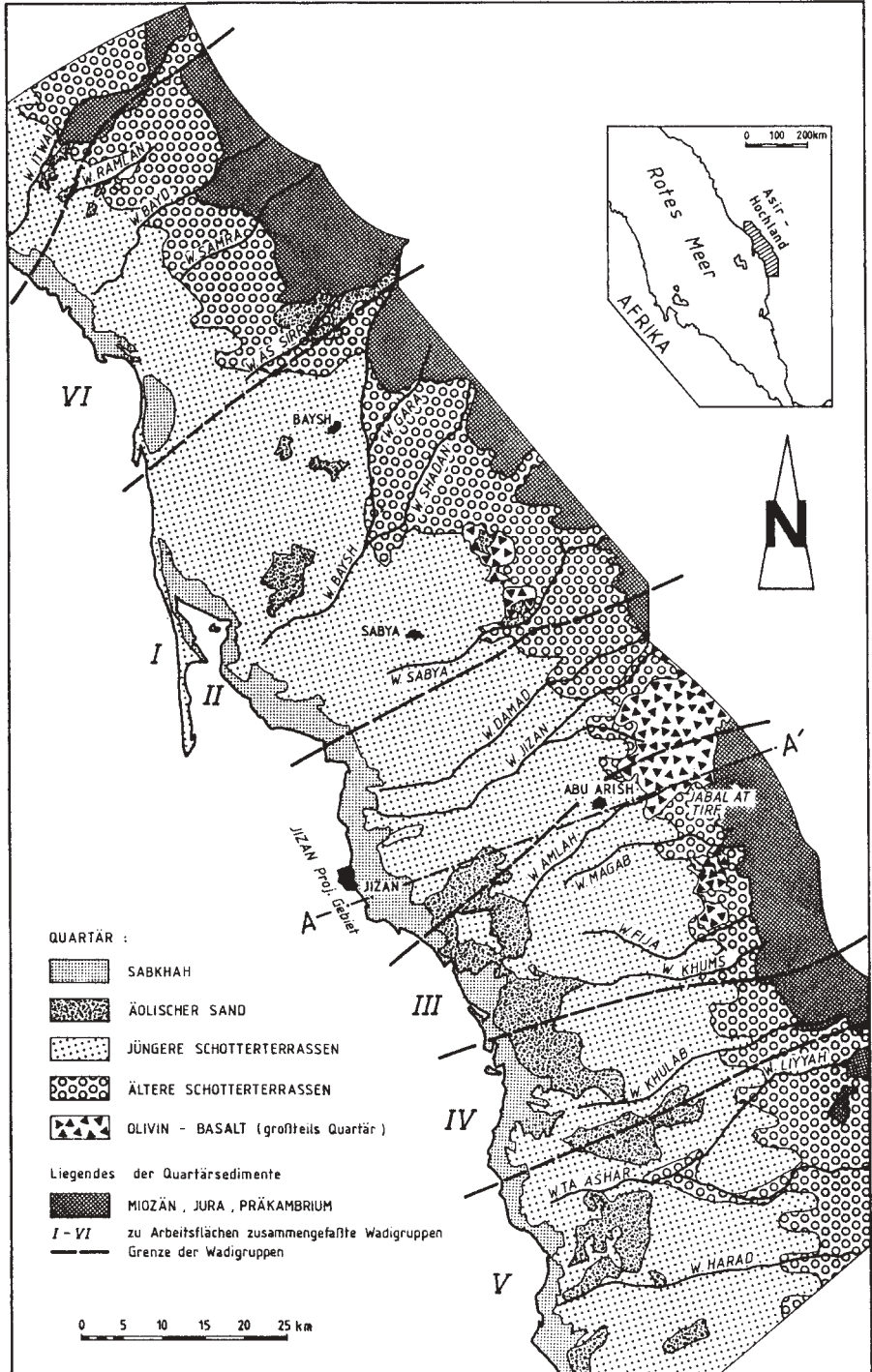


Abb. 13: Vereinfachte geologische Karte der Süd-Tihama. A-A' = Fig. 12 (nach E. Müller, 1984)

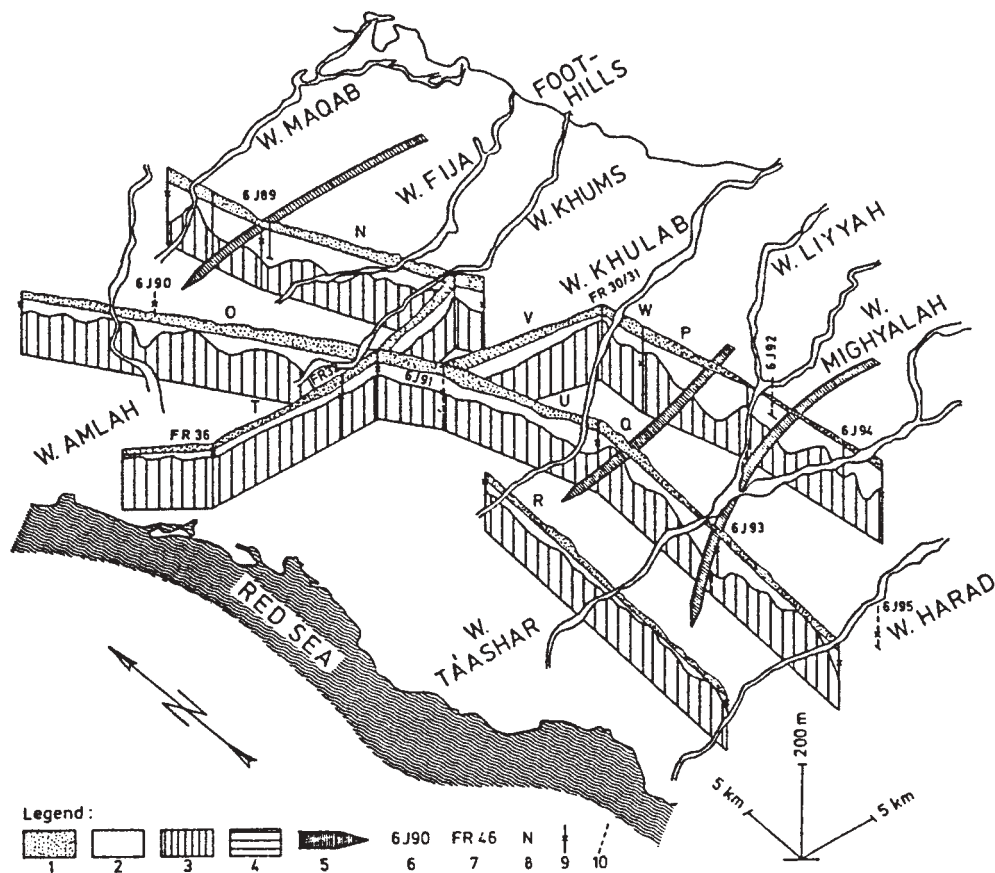


Abb. 14: Fence-Diagramm des süßwasserführenden Alluviums, Jizan. 1 = trockenes Alluvium; 2 = süßwasserführendes Alluvium; 3 = Alluvium kontaminiert mit Salzwasser; 4 = Grundgebirge; 5 = alter unterirdischer Süßwasserabfluß; 6 = Nummer der Bohrung German-Consult; 7 = Bohrnummer Sogreah; 8 = Section; 9 = Meerwasserniveau; 10 = Störung