

# Naphtha und Asphalt, vielfältig genutzte Produkte in der Antike

Christa-Vera Grewe, Saarstraße 42, 30966 Hemmingen

Unsere Kenntnisse vom Gebrauch der Erdölprodukte in der Antike beruhen auf den Ergebnissen der archäologischen Forschungen und den zahlreichen Hinweisen in der antiken Literatur. Die darin überlieferten Beschreibungen geben ein gutes Bild von dem Vorkommen, der Gewinnung, den Eigenschaften und der Verwendung der verschiedenen Erdölprodukte. Sie sollen im folgenden dargestellt und erläutert werden.

## Das antike Schrifttum

Die ausführlichsten Darstellungen sind in der *Geographica* von Strabon (1), der *Bibliotheca* von Diodorus Siculus (2) und der *Historia naturalis* von Plinius (3) überliefert. Diese Autoren hatten jedoch ihre Kenntnisse nicht durch eigene Anschauung erworben, sondern den Schriften älterer Autoren wie Herodot (4), Aristobulos (5) und Poseidonios (6), die zum großen Teil verlorengegangen sind, entnommen. Das vorliegende Quellenmaterial ist deshalb unvollständig, jedoch ausreichend, um einen guten Überblick zu geben.

## In der Antike gebräuchliche Namen für Naphtha und Asphalt

Im allgemeinen hatte sich im griechischen Sprachraum das Wort *naphtha* für flüssiges Erdöl durchgesetzt, das sich von dem assyrischen Wort *naptu* herleiten läßt und soviel wie "Auflodern" bedeutet. Im Hebräischen heißt das Öl *nepht* oder *naft* und im Arabischen *neft* (7). Die ältesten Beschreibungen von Naphtha in der griechischen Literatur finden sich bei Herodot (8), und dieser gebrauchte für das schwarze Rohöl auch das persische Wort *rhadinake*. Poseidonios (9) unterschied zwischen einem hellgelben, leicht entzündlichen Erdöl, das er *naphtha leukon* (weißes Naphtha) nannte, und einem schwarzen Rohöl, das er *naphtha melan* (schwarzes Naphtha) nannte. Das Wort *Naphtha* wird noch heute manchmal für Rohbenzin gebraucht, und in der russischen Literatur bedeutet es ganz

allgemein "Erdöl". Einen speziellen Namen für Erdgas gab es in der griechischen Sprache nicht.

Der feste Bestandteil des Erdöls wurde von den Griechen *asphaltos* (Erdpech oder Erdharz) genannt, wahrscheinlich ein Lehnwort aus dem Assyrischen. Schon Herodot (10) gebrauchte diesen Namen. Die persische Bezeichnung ist *munia*, wovon sich das Wort "Mumie" für einen konservierten Leichnam ableitet. Für ein äußerst zähflüssiges Rohöl prägte Dioskurides (11) die Bezeichnung *pissasphaltos*, ein Name, der auch in der *Historia naturalis* auftaucht.

Ein Asphaltprodukt, das im Wein- und Obstbau zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt wurde, war unter der Bezeichnung *ampelitis* (Weinbergerde) im Handel, abgeleitet von dem griechischen Wort *ampelos* (Weinberg).

Im lateinischen Sprachraum wurden zwar auch die griechischen Namen für Erdöl und Asphalt gebraucht, aber im allgemeinen hatte sich die Bezeichnung *bitumen*, abgeleitet von *pix tumens* (Gräberpech) als Oberbegriff für alle Erdölarten eingebürgert. Erdöl war *bitumen liquidum* und bei Plinius (12) findet sich die Bezeichnung *bitumen liquidum candidum* (flüssiges, hellgelbes Erdharz) für die Benzinfraktion, was dem poseidonischen *naphtha leukon* entspricht.

Die Asphalte aus dem Toten Meer hießen auch *bitumen judaicum* (Judenpech). Dieser Name war ein Markenzeichen für dieses in der Antike so begehrte, besonders reine Produkt. Die bituminöse Erde für die Schädlingsbekämpfung wurde auch im lateinischen Sprachraum unter der Bezeichnung *ampelitis* gehandelt.

Das griechische Wort *pissa* oder *pitta* bezeichnete ebenso wie das lateinische *pix* sowohl Pech als auch Teer. In der antiken Literatur finden sich diese Bezeichnungen auch des öfteren für Naphtha, Asphalt und Bitumen. Da die Herstellung von Teerprodukten aus Holz allgemein bekannt war, dürfte es sich bei diesen Verwechslungen wohl mehr um eine Nachlässigkeit als um mangelndes Unterscheidungsvermögen der Autoren gehandelt haben.

Während das griechische Wort *asphaltos* weitgehend mit dem heutigen "Asphalt" deckungsgleich ist, denn beide Worte meinen eine Mischung von Bitumen und Mineralstoffen, ist dies bei der lateinischen Bezeichnung *bitumen* nicht der Fall. Sowohl in den lateinischen Schriften der Spätantike wie auch in den lateinischen Schriften über Alchemie, Medizin und Technik des Mittelalters wird *bitumen* unterschiedslos für alle Erdölprodukte, oft auch für Teer und Pech gebraucht. Noch in der deutschen chemischen Literatur des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts wird dieser Ausdruck undifferenziert angewendet. Über Jahrhunderte deckte er die ganze Produktpalette ab. Erst die Einführung von exakt definierten Bezeichnungen in der Erdölchemie vor einigen Jahrzehnten hat eine endgül-

tige Klärung geschaffen. Unter "Bitumen" versteht man heute den nicht mehr destillierbaren Rückstand des Erdöls, der als feste Masse bei der fraktionierten Destillation anfällt.

## Vorkommen

Bei den in der Antike bekannten Erdölvorkommen handelte es sich immer um Oberflächenlagerstätten. Das Rohöl war in nicht sehr großer Tiefe im Sandstein, Kalkstein oder in Tonschichten eingelagert und drang auf natürliche Weise durch Felsspalten und Wüstensand an die Erdoberfläche. Oft führten Erdbeben zu Erdgas- und Erdölausbrüchen. Das mehr oder weniger zähflüssige Rohöl sammelte sich in Tümpeln und Felsmulden. Wenn durch Witterungseinflüsse die leichter flüchtigen Anteile des Öls verdampften, blieben die festen Asphalte zurück. Asphalte waren in Felsbrocken eingeschlossen, in Wüstensand und Morasten abgelagert, und häufig führten auch Flüsse und Bäche Öllachen und Asphaltstücke mit sich. Eine Besonderheit waren die Asphaltvorkommen im Toten Meer, wo in unregelmäßigen Zeitabständen Asphaltbrocken vom Meeresgrund an die Oberfläche aufstiegen und auf der Wasseroberfläche trieben.

Ein reiches Erdölvorkommen wies die Landschaft Susiana, die heute zum Iran gehörende Provinz Chusistan, auf. Die Susiana wurde im Norden vom Zagrosgebirge und im Süden vom Persischen Golf begrenzt und vom Choaspes (Karun) durchflossen. Der Choaspes mündete als breiter Strom in den Persischen Golf. Von Herodot (13), der Susiana "das Land Kissian" nannte, ist die Beschreibung einer Erdölquelle bei Arderikka (Kir-Ab), ungefähr 60 km nördlich von Susa (heute Ruinen bei dem Dorf Schuch), der Winterresidenz der persischen Großkönige, gelegen, überliefert.

Dieses Arderikka ist etwa 210 Stadien [37,3 km] von Susa entfernt und 40 Stadien [7,1 km] von dem berühmten Brunnen, der Erzeugnisse in dreifacher Form liefert: Man gewinnt nämlich Asphalt, Salz und Öl aus ihm auf folgende Weise: Emporgehoben wird die Flüssigkeit mit einem Pumpenschwengel; doch ist an Stelle eines Eimers ein halber Schlauch an ihm befestigt. Man läßt den Schlauch hinunter, zieht ihn wieder herauf und gießt den Inhalt in eine Zisterne. Wenn die Flüssigkeit daraus in ein anderes Gefäß umgeschüttet wird, zerfällt sie in drei Bestandteile. Der Asphalt und das Salz setzen sich sofort ab, das Öl aber ... Die Perser nennen es rhadinake; es ist schwarz und hat einen widerlichen Geruch.

In gleicher Weise äußerte sich der spätantike Autor Priscianus Lydus (14):

Jene Quelle, die, wie man sagt, in der Region Cisia Persicae vorhanden und so beschaffen ist, daß sie dort eine vielfältige Spezies ausdünstet und hervorbringt: es ist nämlich ein bitumenhaltiges Öl, das sie naphtha nennen, aber auch Wasser.

Gegenwärtig wird in der Provinz Chusistan beiderseits des Karun Erdöl in großen Mengen gefördert und in Schuchtar aufgearbeitet. Von dort führt eine Pipeline zum Verladehafen Abadan am Persischen Golf.

Über die Naphtha- und Asphaltvorkommen in Assyrien liegen kaum Informationen aus der Antike vor. Das Kernland am Tigris entsprach etwa dem nördlichen Teil des heutigen Staates Irak. Am Westufer des Tigris lag Assur (Qalat Scherpat), weiter nördlich am Ostufer Ninive (heute ein Ruinenfeld). Gegenüber von Ninive am Westufer liegt heutzutage Mossul, wichtiger Mittelpunkt der Erdölindustrie und Ausgangspunkt der Pipeline nach Tripolis. Die Assyrer dehnten ihr Reich seit 1400 v. Chr. auf das gesamte Zweistromland aus unter Einschluß des babylonischen Reiches. Im 7. Jahrhundert brach das assyrische Reich unter dem Druck der Meder und Babylonier zusammen. Mit der Verlagerung der Zentralgewalt nach Babylon wurden die Naphtha- und Asphaltvorkommen in Assyrien bedeutungslos und gerieten in Vergessenheit. Nur aus der Spätantike hat sich eine ausführliche Beschreibung des Ammianus Marcellinus (15) erhalten, der Mesopotamien aus eigener Anschauung kannte:

Am nächsten von allen ist uns Assyrien, ein an Bevölkerung, Größe und vielfältigen Bodenerzeugnissen sehr reiches Land ... Hier entsteht mitten unter dem Reichtum an Obst und üblichen Feldfrüchten das Erdpech in der Nähe des Sees Sosingites, durch dessen Bett der Tigris verschlungen wird. Er fließt dann unterirdisch weiter und taucht erst wieder auf, nachdem er eine weite Entfernung durchmessen hat. Hier tritt auch das Naphtha zutage, das zäh wie Pech ist und dem Erdpech ähnelt. Wenn sich auch nur ein kleiner Vogel darauf niederläßt, verliert er das Flugvermögen, sinkt unter und verschwindet gänzlich. Fängt diese flüssige Masse an zu brennen, so findet der menschliche Verstand kein anderes Mittel, den Brand zu löschen, als Sand.

Besonders reiche Vorkommen an Naphtha und Asphalt wies die Umgebung von Babylon auf. Ergiebige Quellen bei Is (Hit) am Euphrat lieferten ein sehr dickes Erdöl, das an der Luft bald zu einer zähen Masse erstarrte, wie Herodot (16) berichtet:

Acht Tage von Babylon entfernt liegt noch eine andere Stadt, sie heißt Is. Dort fließt ein nicht gerade großer Fluß mit gleichem Namen. Er mündet in den Euphrat. Das Wasser dieses Is spült zahlreiche Klumpen von Asphalt mit. Von dort holte man den Asphalt für den Mauerbau von Babylon.

Auch bei Strabon (17) finden sich einige Angaben über Erdölprodukte, die im Uferbereich des Euphrat gewonnen wurden:

In Babylonien bildet sich auch viel Asphalt, von dem Eratosthenes folgendes berichtet: Das flüssige, welches man Naphtha nennt, wird in Susiana gefunden, das trockene aber, welches erhärten kann, in Babylonien. Seine Quelle findet sich unweit des Euphrat. Wenn dieser beim Schmelzen des Schnees austritt, füllt sich auch jene Asphaltquelle und ergießt sich in den Strom; hier aber bilden sich große, beim Häuserbau aus gebrannten Ziegelsteinen brauchbare Klumpen. Andere behaupten, auch die flüssige Art werde in Babylonien gefunden ... Poseidonios sagt, die Quellen in Babylonien geben teils weißes, teils schwarzes Naphtha, einige davon aber, ich meine die des weißen, dieselben, die auch die Flammen anziehen, geben flüssigen Schwefel, andere jedoch, die des schwarzen, den flüssigen Asphalt, welchen man statt des Öls in den Lampen brennt.

Von besonderem Interesse war, daß die Erdölquellen nicht versiegten.

Eine besondere Erscheinung waren die Feuer in den Türmen der Tempelanlagen in Persien. Gemäß der Lehre des Zoroaster wurde das Feuer als heilig verehrt. In der Region am Kaspischen Meer in Nordpersien drang an vielen Stellen reines Erdgas in großer Menge aus dem Boden, das die Feuer in den Türmen speiste. Auch im südlichen Persien brannten die Feuer, wie Ausgrabungen von Persepolis (Ruinen bei Schiraz) und Susa (Schuch) zeigen. Sie wurden entweder von reinem Erdgas oder von weißem Naphtha unterhalten und brannten "ewig", wie die Betrachter meinten.

In der Küstenregion des östlichen Mittelmeeres gab es nirgendwo flüssiges Erdöl, wohl aber wurden an vielen Stellen von Kilikien bis hinunter nach Palästina Asphalte mit mehr oder weniger großem Anteil an Bitumen gefunden. An der Mündung des Orontes (Nahr el Assi) im heutigen Syrien lag die Hafenstadt Seleukeia Pieria (Samandag). Am Abhang des Berges Pieria, der sich hinter der Stadt erhob, wurde ein asphalthaltiger Kalkstein abgebaut. Dieses Produkt war die Ampelitis, die im Pflanzenschutz eingesetzt wurde. Weiter südlich bei Sidon und Joppe (Jaffa) wurde in Steinbrüchen ein mit Bitumen durchsetzter Sandstein gebrochen.

Von größter Bedeutung war der Asphalt, der im Toten Meer gewonnen wurde, denn dieses Produkt bestand aus fast reinem Bitumen und war in der Medizin und für die Mumifizierung äußerst begehrt. Dieser Asphalt war ein sehr lukrativer Exportartikel nach Ägypten und brachte dem jeweiligen Herrscher über diesen Landstrich hohe Einkünfte ein. In der antiken Literatur wird der Reichtum an Asphalt im Toten Meer oft gelobt, aber es war vornehmlich die Güte dieses Produktes, die diesen Asphalt so berühmt gemacht hatte. Mengenmäßig waren die

Vorkommen in Mesopotamien wesentlich ergiebiger. Von den vielen Beschreibungen antiker Autoren soll hier die des Philosophen Poseidonios, wie sie bei Strabon (18) überliefert ist, notiert werden:

Der See ist groß; einige haben seinen Umfang mit tausend Stadien [184,98 km] angegeben. An der Küste entlang ist er freilich nicht länger als zweihundert Stadien [37 km], gleich am Ufer tief und von ganz schwerem Wasser, so daß man keinen Taucher brauchen kann; wer hineinsteigt und bis zum Nabel in den See geht, wird sofort emporgetragen. Der See ist voll von Asphalt. Der Asphalt wird zu unbestimmten Zeiten aus der Mitte des Sees emporgeblasen, unter Blasenbildung, als würde das Wasser sieden. Die gekrümmte Oberfläche des Sees bietet dann den Anblick eines Hügels. Es wird auch viel Ruß emporgetragen, der rauchig und für die Augen nicht erkennbar ist; Eisen und Silber und alles Glänzende bis selbst zum Gold rosten davon. Die Umwohner des Sees erkennen am Rosten ihrer Geräte die beginnende Aufschwemmung des Asphalts und bereiten dessen Abbau vor, indem sie Flöße aus Schilf fertigen.

Der Asphalt ist ein Klumpen Erde, der von der Hitze verflüssigt wird und sich an der Oberfläche des Sees ausbreitet; dann verändert sich der Asphalt durch das kalte Wasser, wie es das Wasser des Sees ist, wieder zu fester Form, so daß man die Masse schneiden und klopfen muß. Dann schwimmt der Asphalt obenauf aufgrund der Natur des Wassers, von der wir sagen, daß man einen Taucher nicht brauchen kann, und daß jemand, der in den See hineingeht, nicht untertauchen kann, sondern emporgetragen wird. Die Leute fahren mit ihren Flößen heran, schlagen Asphaltbrocken ab und schaffen soviel davon weg, wie sie können ... . Daß sich alles in der Mitte des Sees abspielt, ist verständlich, weil auch die Quelle des Feuers und die Masse des Asphalts in der Mitte des Sees sind. Das Aufsprudeln des Asphalts ist unregelmäßig, weil auch die Bewegung des Feuers für uns keine erkennbare Ordnung einhält, wie auch die Bewegung vieler anderer Luftströmungen. So etwas gibt es auch im epirotischen Apollonia.

Die Umgebung des Toten Meeres stank nach "Pech und Schwefel", das heißt nach Öl, Schwefelwasserstoff und Mercaptanen. In den Ritzen und Spalten der fast senkrecht zum Wasser abfallenden Felswände wurde von der Sonne reines Bitumen in Form von Tropfen herausgeschmolzen und sammelte sich in Vertiefungen und kleinen Lachen. Viele Bäche führten ein widerlich stinkendes Wasser. In der sich an das Südufer des Meeres anschließenden bittersalzigen Marschniederung waren stark mit Sand vermischte kleinere Asphaltvorkommen vorhanden, die wegen ihrer Verunreinigungen nicht ausgebeutet wurden.

Im europäischen Raum waren Erdölvorkommen nur spärlich vorhanden. Auf der Insel Zakynthos (Zante) wurde ein sehr zähflüssiges Öl gefunden, das sich in kleinen Teichen in einer sumpfigen Niederung an der Südwestküste der Insel sammelte. Auf Sizilien drang am Ufer des Akragas (Biagio), ein Fluß östlich von Agrigentum (Agrigento), ein schweres Erdöl aus dem Boden, das von dem Fluß

mitgeführt wurde. Auf Rhodos wurde eine Ampelitis gefördert, die jedoch einen hohen Anteil an Gestein aufwies.

Erwähnt werden soll noch ein berühmtes Heiligtum, das *Nymphaion*, bei Appolonia (Poian) in Illyrien an der Küste der Adria gelegen. In einem umfriedeten Park stand ein von Flammen umloderter Felsen inmitten von Rasenflächen und Bäumen. An seinem Fuße drangen warmes Wasser und dickflüssiges Erdöl aus dem Boden. Dieses Nymphaion war in der Antike eine Touristenattraktion, wie die vielen Beschreibungen in der antiken Literatur zeigen. So steht bei Strabon (19):

Im Land der Apolloniaten gibt es eine Stelle namens Nymphaion, das ist ein feuerpeiender Felsen. Unterhalb des Felsens fließen Quellen von warmem Wasser und Asphalt, vermutlich, weil die feste Asphaltmasse verbrennt. Nahebei ist eine Asphaltgrube auf einem Hügel; der herausgelöste Asphalt ergänzt sich wieder im Laufe der Zeit, da sich die in die Grube geschüttete Erde in Asphalt verwandelt, wie Poseidonios sagt.

Das Feuer wurde höchstwahrscheinlich von Erdgas unterhalten und war auf den Felsen begrenzt. Für die Besucher war es ein wundersamer Anblick, daß das Feuer nicht erlosch und das Laub der Bäume und das Gras nicht davon versengt wurden. Bei der Asphaltgrube auf dem Hügel könnte es sich um die Lagerstätte bei Selenizza handeln, die noch heute Asphalt liefert.

Die Erdöl- und Asphaltvorkommen, die den Römern zur Verfügung standen, waren mit Ausnahme der Funde im Toten Meer im Vergleich zu den östlichen Ländern unergiebig. Deshalb wurden vorwiegend Teerprodukte verwendet, die aus Holz gewonnen wurden. Holz stand besonders in den nördlichen Provinzen in ausreichender Menge zur Verfügung, und neben der Gewinnung von Holzkohle war das Teerkochen ein wichtiger Wirtschaftszweig in walddreichen Gegenden.

## **Entstehung von Naphtha und Asphalt**

Nach heutiger Auffassung ist das Erdöl aus Kohlenhydraten, Eiweiß und Fetten von Kleinpflanzen und -tieren unter Einfluß von Bakterien und Enzymen, Druck und Hitze in flachen, küstennahen Gewässern aus Faulschlamm hervorgegangen. In ruhigen Meeresbuchten mit Landbarren, wo das Wasser an tieferen Stellen zugleich arm an Sauerstoff und reich an Schwefelwasserstoff war, wurden die Organismen durch anaeroben Abbau unter Abspaltung von Kohlendioxid in Kohlenwasserstoffe umgewandelt. Da ihre Bildung in salzreichen und spezifisch schwereren Schichten eines Gewässers erfolgte, kommen Erdgas und Erdöl oft

gemeinsam mit Salz vor. Naturasphalte sind Rückstände von Erdöl und durch Verdunstung der leichtflüchtigen Fraktionen des Öls und oxidativer Polymerisation der schwerflüchtigen Bestandteile entstanden, wobei der Gehalt an Mineralstoffen Schwankungen unterworfen ist.

Die antiken Autoren beschränkten sich mit einer Ausnahme auf die Beschreibung von Vorkommen, Eigenschaften und Verwendung von Erdölprodukten. Nur der Philosoph Poseidonios entwickelte eine Theorie über die Entstehung von Asphalt, die auf der Naturphilosophie der Stoiker beruhte. Diese besagt: Die Welt ist aus einer feurigen Ursubstanz entstanden und wird am Ende in einem großen Weltenbrand, der Ekpyrosis, in diesen Urzustand zurückkehren. Nach Poseidonios werden Asphalte aus Erde durch das Einwirken von Feuer gebildet. Seine Theorie erklärt er anhand der Asphalte im Toten Meer und im Nymphaion zu Apollonia (18, 19):

Im Toten Meer geschieht die Bildung in der feurigen Tiefe in der Mitte des Sees. Wenn der Asphalt hochgetrieben wird, kocht das Wasser, und diese Blasen sind ein Indiz für das unterirdische Feuer. Mit dem Asphalt steigen Erddünste auf, die zwar für das Auge nicht wahrnehmbar sind, sich jedoch durch Verfärbung von Metallen anzeigen. Die Verfärbung beginnt mit dem Aufwallen des Asphalts, wobei sich die Wasseroberfläche wie ein Hügel wölbt. Der Asphalt ist also eine Erde, die in geschmolzenem Zustand aufsteigt, zerfließt und wieder im kalten Wasser zu einer festen Kruste erstarrt. Weil das Wasser des Toten Meeres durch den Salzgehalt so schwer ist, treibt der Asphalt auf der Oberfläche. Es wird betont, daß der Asphalt in der Mitte des Sees zu unregelmäßigen Zeiten aufsteigt, denn die Feuerquelle und die Hauptmasse des Asphalts befinden sich eben dort auf dem Meeresgrund. Das Aufwallen findet nicht in regelmäßigen Perioden statt, weil die Bewegungen des Feuers keine Regelmäßigkeiten aufweisen. Dies gilt sowohl für die Feuer auf der Erdoberfläche wie für die Feuer in den Adern im Erdinneren. Auch im Nymphaion wird Asphalt aus Erde gebildet. Hier verhindern warme Wasserquellen eine vollständige Verfestigung, so daß der Asphalt im halbfesten Zustand als sehr dickes Öl aus der Erde quillt. Die ständige Umwandlung von Erde in Asphalt läßt den Asphalt fortwährend nachwachsen, wie das auch in der nahegelegenen Grube bei Apollonia geschieht.

Hinsichtlich des flüssigen Erdöls betonte Poseidonios zwar den feurigen Charakter des weißen Naphthas, ordnete aber diese Substanz nicht in das Entstehungsschema des Asphalts ein. Allerdings ist das überlieferte Fragment so kurz, daß keine endgültige Aussage möglich ist. Poseidonios' Theorie wurde von den Stoikern allgemein anerkannt. Eine andere Theorie über die Entstehung von Asphalt ist nicht überliefert worden.



## Gewinnung und Reinigung von Naphtha und Asphalt

Die Gewinnung von Rohöl konnte nur durch Ausschöpfen der Quellen erfolgen, denn für ein Anbohren und Abpumpen von Fundstellen waren noch keine Geräte erfunden worden. Nach Herodots Bericht (13) wurde das Öl aus der Quelle bei Arderikka mit einem Lederschlauch, der wie ein Eimer geformt und an einem Schwengel befestigt war, wie Wasser aus einem Brunnen geschöpft und in eine Zisterne gegossen. Dabei setzten sich Salz und feste Asphaltprodukte ab. Bei stark wasserhaltigen Erdölen bewirkte ein hoher Salzgehalt eine bessere Auftrennung der Komponenten. Zugleich wurde die Brennbarkeit stark herabgesetzt. Ein solch wasserhaltiges Öl wurde nach Plinius (20) über Salinen geleitet. Auf diese Weise wurde ein flüssiges Naphtha gewonnen, und war dieses Öl abgezogen, kristallisierte nach weiterer Verdunstung von Wasser Salz aus:

Salz wird auch durch Überleiten von Brunnenwasser in Salinen produziert. Bei Babylon sammelt sich bei der ersten Verdichtung ein ölähnliches, flüssiges Bitumen, das auch in Lampen gebraucht wird. Ist dieses abgezogen, findet sich darunter [nach weiterer Verdichtung] das Salz. (20)

Eine andere Methode bestand darin, die Haftfähigkeit von zähem Rohöl auszunutzen. Auf Zakyntos wurde das Erdöl mit Hilfe von Myrtenzweigen, die an langen Stangen befestigt waren, aus den teichartigen Sickerstellen gewissermaßen aus dem Wasser herausgesiebt. Das zähe Öl blieb an den Zweigen kleben und wurde in einer Grube abgestreift. Hatte man genügend davon gesammelt, wurde das Öl in Krüge abgefüllt. Ebenso wurde das Öl, das auf dem Akragas auf Sizilien schwamm, mit Hilfe von Schilfbüscheln mechanisch vom Wasser abgetrennt.

Ein besonderes Problem dürfte die Reinigung von Erdöl gewesen sein, denn für manche technischen Zwecke konnte nur ein verhältnismäßig reines Öl verwendet werden. So mußte das schwarze Naphtha, wenn es als Lampenöl verwendet werden sollte, unbedingt von Fasern und Pflanzenresten befreit werden. Die Reinigung erfolgte durch Abseihen mittels feiner Siebe und Tücher, wobei die Brandgefahr berücksichtigt werden mußte. Je leichter das Naphtha war, desto größer war die Gefahr des Entflammens. Das weiße Naphtha konnte überhaupt nicht gereinigt werden. Destillationsmethoden zur Gewinnung von weißem Naphtha aus dem Rohöl waren noch nicht entwickelt worden. In den frühesten Schriften aus dem 1. Jahrhundert n. Chr., in denen Destilliergeräte beschrieben sind, wird die Gewinnung von Alkohol aus Wein und von Essig in höherer Konzentration aus wäßrigen Lösungen beschrieben. Die Gewinnung von weißem Naphtha aus Rohöl mittels Destillation ist erst um 1000 n. Chr. im byzantinischen Raum nachweisbar. Ein Eindicken des Erdöls auf natürliche Weise kam zustande, wenn

man das Öl so lange der Sonne aussetzte, bis die gewünschte Konsistenz erreicht war. Die niedrig siedenden Anteile verdunsteten. So wurde aus dem zähen Erdöl, das bei Is am Euphrat gewonnen wurde, ein festes Asphaltprodukt, das nach Ägypten ausgeführt werden konnte.

Besonders einfach war die Gewinnung des Asphalts im Toten Meer. Die Arbeiter fuhren mit Booten in Leichtbauweise hinaus und sammelten die Brocken von der Wasseroberfläche ab. Die Klumpen waren zum Teil recht groß, wie "kopflose Stiere". Sie mußten noch von der Salzkruste befreit und zerkleinert werden. Zum Reinigen wurden Urin und merkwürdigerweise auch Menstruationsblut gebraucht. So steht bei Strabon (18):

Poseidonios aber sagt, die Leute seien Gaukler und nähmen Zaubersprüche zu Hilfe und Urin und andere übelriechende Flüssigkeiten, die sie auf den Asphalt gossen, dann wieder herauskneteten, um den Asphalt zu festigen, dann würden sie ihn schneiden - wenn nicht in diesen Säften eine eigentümliche Kraft liegt.

Natürlich wurde die Beschaffenheit des Asphalts durch Urin und Blut überhaupt nicht verändert. Der Gebrauch von Urin ist so zu erklären, daß er anstelle des in dieser Gegend sehr knappen Wassers zum Abwaschen des Salzes benutzt wurde. Auch wurde dadurch die Klebrigkeit herabgesetzt. Tauchte man die Messer beim Zerkleinern in Urin, wurde verhindert, daß die klebrige Asphaltmasse an der Messerschneide hängenblieb, so wie man ein Messer vor dem Zerschneiden einer Sahnetorte in Eiswasser taucht. Vielleicht war dieses Zerkleinerungsverfahren ein Betriebsgeheimnis, und das Hersagen von Zaubersprüchen und die Verwendung von Menstruationsblut, dem in der Antike eine magische Wirkung zugeschrieben wurde, sollten Außenstehende verwirren und die Geheimhaltung des Verfahrens gewährleisten.

Der Asphalt aus dem Toten Meer war so rein, daß eine weitere Aufarbeitung unnötig war. Asphaltprodukte aus Mesopotamien waren dagegen häufig mit Sand verunreinigt und mußten ausgeschmolzen werden, was ihre Qualität und damit den Preis herabsetzte.

Besonders einfach war die Gewinnung der Ampelitis am Berg Pieria bei der Hafenstadt Seleukeia Pieria. Das asphalthaltige Kalkgestein wurde im Tagebau gebrochen, zu Pulver vermahlen und in den Handel gegeben. Irgendwelche Reinigungsverfahren waren nicht notwendig.

## **Kenntnisse der Eigenschaften von Naphtha und Asphalt in der Antike**

Über die Natur des Erdgases war man sich in der Antike nicht im klaren. In Persien dürfte die Priesterschaft gewußt haben, daß die in den Tempeltürmen lodernden Flammen von irgendwelchen luftförmigen Stoffen, die aus dem Erdboden austraten, unterhalten wurden. Das gewöhnliche Volk aber glaubte, diese Feuer bedürften keiner Nahrung, worauf auch das persische Wort *varishnak* (ohne Nahrung) hinweist, denn farb- und geruchloses reines Erdgas, so wie es in Nordpersien austrat, konnte mit den Sinnen nicht wahrgenommen werden.

In südlichen Teilen Persiens und in Mesopotamien entströmten Mischungen aus Erdgas und leichtem Erdöl dem Erdboden, deren leichte Entflammbarkeit wohl bekannt war. Bei Plutarch (21) wird berichtet, daß Alexander der Große auf seinem Zug durch Persien eine brennende Erdölquelle besichtigte und ihm zu Ehren eine Gasse mit weißem Naphtha in Brand gesetzt wurde:

Als er nunmehr durch Babylonien zog, das sich ihm so völlig unterwarf, staunte er besonders über den Feuerschlund bei Ekbatana, wo das Feuer wie aus einer Quelle beständig hervorquillt, und über den Naphthafluß, der sich infolge seiner Masse nicht fern von dem Schlund zu einem See erweitert. Es gleicht im übrigen dem Asphalt, ist aber so leicht entzündlich, daß es, bevor die Flamme es erreicht, durch den bloßen, von dem Licht ausgehenden Feuerdunst in Brand gesetzt wird und oft die dazwischen befindliche Luft mit entzündet. Um die Beschaffenheit und die Wirkungskraft des Naphtha dem König vor Augen zu führen, beträufelten die Barbaren die zu seinem Quartier führende Gasse nur leicht mit dieser Materie. Dann stellten sie sich an das obere Ende und brachten Fackeln an die benetzten Teile; denn es wurde schon finster; und sowie das Nächstgelegene Feuer gefangen hatte, brauchte seine Ausbreitung keine wahrnehmbare Zeit, sondern gedankenschnell war es bis ans andere Ende gelangt, und die Gasse war ein einziges Feuer.

Die Beobachtung, daß sich die Luft mit entzündete, war richtig, denn die Dämpfe dieses Naphthas, das Poseidonios *naphtha leukon* nannte, waren äußerst feuergefährlich und entzündeten sich schon durch die intensive Sonneneinstrahlung. Die Bewohner der Gegend hatten auch die Verwandtschaft mit dem nur schwer brennbaren Asphalt erkannt. Bemerkenswert ist, daß sie sehr wohl in der Lage waren, mit dieser so leicht entzündlichen Substanz umzugehen, wie die Demonstration vor Alexander zeigte.

Es war auch bekannt, daß brennendes Naphtha nicht mit Wasser gelöscht werden konnte. Bei Strabon (17) ist zu lesen:

Der flüssige [Asphalt] aber, welchen man Naphtha nennt, hat sonderbare Eigenschaften. Dem Feuer nahegebracht, reißt er dasselbe an sich, und wenn man einen

damit bestrichenen Gegenstand dem Feuer nähert, so brennt er und läßt sich nicht durch Wasser löschen, denn er verbrennt dann um so mehr, aber durch Essig, Alaun und Vogelleim erstickt, erlischt es.

Unter Alaun wurden ganz allgemein Salze verstanden. Interessanterweise ist nirgendwo der typische Geruch des weißen Naphthas vermerkt, wohl aber der Gestank des schwarzen Rohöls, der durch Schwefelverbindungen hervorgerufen wurde (13). Naphtha und Asphalt enthielten immer auch Schwefelverbindungen und häufig waren die Öllagerstätten mit Vorkommen von elementarem Schwefel vergesellschaftet. Eigenschaften, Gewinnung und Verwendungsmöglichkeiten des Schwefels waren seit Jahrhunderten bekannt. Schon Homer erwähnte ihn als Reinigungsmittel. Als besonders wertvoll galt der durch Ausgraben gewonnene Schwefel wie der von der Insel Melos. Die größte Menge wurde durch Ausschmelzen aus schwefelhaltigem Gestein in Meilern gewonnen, so in der Umgebung des Ätna auf Sizilien. Bei diesem Prozeß verbrannte viel Schwefel zu Schwefeldioxid. Schwefelverbindungen wurden in der Antike für besondere Arten von elementarem Schwefel gehalten. So sollte Naphtha flüssigen Schwefel enthalten. Die leichte Brennbarkeit des Schwefels war allgemein bekannt. Das stechend riechende Schwefeldioxid wurde als eine feurige Form des Schwefels betrachtet. Auch bei den vielen heißen Schwefelquellen, die den Geruch nach "faulen Eiern" aufwiesen, sah man einen Zusammenhang mit dem elementaren Schwefel. Man glaubte, daß in dem heißen Wasser eine besonders aktive Form des Schwefels gelöst war. Die Ungenießbarkeit des Schwefelwassers war bekannt. So nimmt es nicht wunder, daß auch dem Naphtha und dem Asphalt ein Gehalt an Schwefel in besonderen Formen zugeschrieben wurde.

Wegen der vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten war das Interesse an den festen Asphaltprodukten naturgemäß viel größer. Die Eigenschaften des Asphaltens waren besser untersucht und bekannt als die des Naphthas. Zudem konnte man feste Stoffe leichter handhaben als flüssige. Asphaltprodukte waren um so wertvoller, je höher der Bitumen- und je geringer der Mineralanteil war. Bitumen ist eine tiefschwarze, glänzende Masse mit einem Purpurschimmer, die leicht schmilzt (Schmpkt. 100-120° C). Die Qualitätsunterschiede von Asphaltprodukten konnten an der Farbe erkannt werden, denn sehr reiner Asphalt wies eine glänzende Purpurfärbung auf. So konnte das Bitumen Judaicum mit einer Beimischung von nur 2% Mineralstoffen an seiner Färbung erkannt werden. Die Produkte vom Euphrat mit 10-20% Mineralstoffen hatten eine stumpfere Farbe. Verfälschungen mit Pech, die oft vorgenommen wurden, konnte man daran erkennen, daß diese Produkte gar keinen Glanz, sondern eine matte, schmutzige Schwarzfärbung aufwiesen. Ein weiteres Qualitätsmerkmal war der Geruch nach "Schwefel", der sowohl dem Naphtha wie dem Asphalt anhaftete. Je höher der Anteil an Schwefelverbindungen war, desto stärker war der Gestank, und desto

weniger wertvoll war das Produkt. Der Schwefelgehalt des Bitumen Judaicum war 3% geringer als der des Asphaltes aus Mesopotamien.

Die Güte der Ampelitis konnte sowohl an der Farbe wie an der Härte erkannt werden, wie bei Dioskurides (22) überliefert ist:

Von der Weinstockerde, welche bei Seleukeia in Syrien entsteht, muß man die schwarze auswählen, welche großen Fichtenkohlen ähnlich, feinsplitterartig und ebenso glänzend ist, welche ferner nicht schwer zerfließt, wenn sie fein gerieben mit etwas Öl übergossen wird. Die dünne, aschfarbige und nicht zerfließende ist für schlecht zu halten.

Ein Produkt, das leicht zu verreiben war, enthielt viel Kalkstein. Bei der Ampelitis aus Seleukeia bestand der Mineralanteil aus Mergel mit 30% Ton, während die Ampelitis von Rhodos sehr viel Silikate enthielt und deshalb nicht "zerfloß". Die Schwarzfärbung war ein Maß für den Gehalt an Bitumen.

### **Verwendung von Naphtha und Asphalt**

Erdgas und weißes Naphtha konnten nur für kultische Zwecke genutzt werden. In den Gebieten, wo die Religion des Zarathustra verbreitet war, wurde das Feuer als göttlich verehrt. Bei kultischen Handlungen wurde brennbares Material wie Gräser, Holz oder Holzkohle auf einem Tragealtar am Feuer in den Feuertürmen entzündet und vor den Tempel zur Anbetung durch das versammelte Volk gestellt. Nur Magier waren berechtigt, als Priester die heiligen Handlungen zu vollziehen. In Mesopotamien, wo der Feuerkult nicht ausgeübt wurde, waren die Quellen von weißem Naphtha wertlos, und eine brennende Erdölquelle war zu nichts nütze.

Ein dünnflüssiges, schwarzes Naphtha wurde als Lampenöl gebraucht. Dieses Öl muß einen hohen Anteil an Petroleum gehabt haben, doch weist die schwarze Farbe auf Beimengungen von schwerem Heizöl und Bitumen hin. Es muß stark gequalmt haben, denn Petroleum verbrennt ziemlich rußfrei nur im Destillationsbereich von 175-280° C, und bereits geringe Anteile an höher siedenden Fraktionen verursachen ein Blaken der Flamme und starke Rußbildung. Außerdem enthielt dieses Rohpetroleum Schwefelverbindungen, die zu giftigem Schwefeldioxid verbrannten und in geschlossenen Räumen die Atmung erschwerten.

Asphalt wurde in Mesopotamien und östlich des Tigris beim Hausbau verwendet. Der praktische Gebrauch von bituminösen Stoffen läßt sich bis 4000 v. Chr. zurückverfolgen. Um 3000 v. Chr. errichteten die Sumerer Ziegelbauten, die mit

Asphaltnmischungen vermörtelt waren. Der Mörtel bestand aus rund 40% Bitumen, dem beim Erhitzen in einem Ofen Sand, Lehm oder Kiesel beigemischt wurden. Die gebrannten oder auch rohen Lehmziegel wurden mit Bitumenmörtel verstrichen, wobei das Bitumen in die Ziegeloberfläche hineindiffundierte und diese dadurch konservierte. Die Zikkurat in Ur und die in Uruk zeugen noch heute von der Baukunst der Sumerer, die von den Akkadern, Assyrem und Babyloniern fortgeführt wurde. Besonders eindrucksvoll war die Zikkurat in Babylon, von der schon in der Bibel im Zusammenhang mit dem Turmbau zu Babel (1. Mose 11, 3) berichtet wird:

Wohlan, laßt uns Ziegel streichen und hart brennen! Und es diene ihnen der Ziegel als Stein, und der Asphalt diene ihnen als Mörtel.

Unter der Herrschaft von Nebukadnezar II. (605-562 v. Chr.) hatte das neubabylonische Reich seinen Höhepunkt erreicht. Gewaltige Prunkbauten wurden errichtet. Hierzu zählen die Prozessionsstraße mit dem schönen Ishtar-Tor, der Umbau der Burg, die Vollendung der Zikkurat und die hängenden Gärten der Semiramis. Die Wände dieser Bauten wurden mit glasierten Ziegeln verkleidet. Auch waren die Prozessionsstraße in Babylon sowie Teile der Königsstraße durch Babylonien und die Straße von Susa nach Ekbatana (Schiras) schon asphaltiert. Mit dem Untergang dieses Reiches brach die lange Tradition der intensiven Nutzung des Asphalts als wichtigen Baustoff allmählich ab. Die neuen Herrscher, die Perser, errichteten ihre Prunkbauten aus Stein mit Lehm- und Kalkmörtel nach griechischem Vorbild, und die Seleukiden und nach ihnen die Parther und Sassaniden setzten diese Art des Bauens fort.

Asphalt wurde außerdem für die Herstellung von Fußböden, zum Abdichten von Wasser- und Badebecken, für die Kanalisation und im Schiffsbau verwendet. Das Kalfatern von Schiffen läßt sich ebenfalls bis 4000 v. Chr. verfolgen, und in der Bibel wird berichtet, daß Noah seine Arche mit Asphalt abdichtete (1. Mose 6, 14), um der großen Flut zu trotzen.

Selbstverständlich war den Griechen und Römern der Gebrauch von Asphalt bekannt, und seine Verwendung wird in der Literatur (23) auch mehrfach beschrieben. Aber sowohl Griechen wie Römer setzten keine Asphaltprodukte im Bauwesen und in der Technik ein. Ein Grund dafür mag die politische Situation gewesen sein, die den Zugang zu den Fundstätten im Osten erschwerte. Zum anderen standen mit Teer und Pech, die im eigenen Land produziert werden konnten, Produkte zur Verfügung, die genauso gut für technische Zwecke gebraucht werden konnten. Im Hochbau wurde Kalkmörtel eingesetzt. Das Verfahren zur Herstellung von gebranntem Kalk durch Erhitzen von Kalkstein in Brennöfen beherrschten Griechen und Römer perfekt. Durch Ablöschen mit Wasser und

Vermischen mit Sand wurde der Mörtel hergestellt. Wasserfester Zement für den Bau von Hafenanlagen und Brückenpfeilern war eine Mischung von gebranntem Kalk mit vulkanischen Aschen, die von Natur aus hydraulische Eigenschaften aufwiesen. Das auf der Insel Thera (Santorin) vorkommende Lavagestein wurde für die Kaimauern des Piräus verwendet, und für die Hafenanlage in Puteoli (Pozzuoli bei Neapel) wurde der Zement aus der Lava des Vesuvs hergestellt (*puteolanus pulvis*, Puzzolanerde). Eine solche Erde war auch der durch Vermahlen von Tuffsteinen aus der Eifel gewonnene Traß. Auf die Verwendung von Asphalt im Bauwesen konnte also verzichtet werden.

In der Medizin waren dagegen Asphaltprodukte von großer Bedeutung. Aus der Fülle der Belege in der Literatur soll Plinius (24) zitiert werden:

Gegen blutunterlaufene Augen und weiße Flecken soll das babylonische Erdpech wirksam sein, ebenso gegen Aussatz, Flechten und Jucken am Körper. Man bestreicht damit auch bei der Gicht. Alle Arten aber biegen lästige Haare an den Augen zurück und heilen, zusammen mit Natron eingerieben, Zahnschmerzen. Das Erdpech lindert alten Husten und mit Wein getrunken Kurzatmigkeit; auf die gleiche Weise gibt man es auch den Ruhrkranken, und es stillt den Durchfall. Mit Essig aber getrunken zerteilt und entfernt es geronnenes Blut. Es lindert Schmerzen an den Lenden, ebenso an den Gelenken, mit Gerstenmehl aufgelegt, stellt es ein besonderes Pflaster unter einem eigenen Namen dar. Es stillt das Blut, schließt die Wunden und läßt Sehnen wieder zusammenwachsen. Man verwendet auch gegen das Viertagefieber eine Drachme Erdpech und ebensoviel mit einem Obolos Myrrhe vermengte Krauseminze. Beim Verbrennen erkennt man die Epilepsie. Die Krämpfe der Gebärmutter löst es als Riechmittel zusammen mit Wein und Bibergeil, als Räuchermittel hält es den Vorfall zurück und wirkt in Wein getrunken menstruationsfördernd.

Dem Asphalt wurde also eine Heilwirkung bei den verschiedensten Erkrankungen zugeschrieben. Neben dem babylonischen Asphalt war das Bitumen Judaicum besonders begehrt. Es war auch das bevorzugte Produkt für die Mumifizierung der Toten im Alten Ägypten. Seit dem Ende der 3. Dynastie um 2600 v. Chr. war es in Ägypten üblich, die Körper der Verstorbenen zu konservieren. In der religiösen Vorstellung der Ägypter brauchte die Seele des Menschen den Körper, um sich nach dem Tode darauf niederzulassen. Deshalb mußte der Körper erhalten bleiben. Die Mumifizierung war ein Handwerk, das in der Praxis gelernt und mündlich weitergegeben wurde. Der einzige schriftliche Beleg über den genauen Ablauf der Mumifizierung stammt von Herodot (25). Danach wurde der Leib des Toten geöffnet und die inneren Organe herausgenommen. Das Gehirn wurde aus dem Schädel durch die Nase herausgezogen. Das Herz wurde dagegen als Sitz der Seele im Körper gelassen. Die entleerte und ausgewaschene Leibeshöhle wurde mit Leinenstreifen, Nilschlamm oder Sägespänen von Koni-

ferenholz gefüllt, denen vielfach duftende Spezereien wie Myrrhe und Kassia zugesetzt waren. Daraufhin wurde der Leichnam zugenäht und 70 Tage lang vollständig in festes Natron gebettet. Das Salz bewirkte eine Dehydrierung und damit Konservierung des Körpergewebes. Anschließend wurde der Leichnam gesalbt und mit Leinenstreifen umwickelt, die mit Gummi arabicum verklebt wurden. Danach konnte der Tote in einem Holzsarg in der Grabkammer aufgebahrt werden. Die inneren Organe wie Magen, Lunge, Leber und Eingeweide wurden einzeln einbalsamiert und in eigens für sie hergestellten Gefäßen, den Kanopenkrügen, aufbewahrt.

Die Salböle sind heute zu einer schwarzen Masse erstarrt, und es wurde lange Zeit über ihre Zusammensetzung heftig und kontrovers diskutiert. Wurde den Salbölen Bitumen zugesetzt oder bestanden sie nur aus einer Mischung von Pflanzenharzen und Bienenwachs? In der antiken Literatur sind nur eine Anmerkung bei Diodoros im Zusammenhang mit dem Toten Meer und eine Aussage bei Strabon erhalten geblieben:

Die Barbaren, die diese Einnahmequelle innehaben, bringen den Asphalt nach Ägypten und verkaufen ihn dort an Werkstätten zum Einbalsamieren der Leichen. Denn wenn dieser nicht den übrigen Aromastoffen beigemischt wird, ist die Konservierung der Körper auf Dauer nicht gewährleistet. (26)

Die Ägypter brauchen den Asphalt für die Einbalsamierung ihrer Toten. (27)

Mittels Gaschromatographie und Massenspektrometrie konnten die Öle analysiert werden. Neben Koniferenharzen mit der Grundsubstanz Terpen und Bienenwachs, ein Ester aus Palmitinsäure und höheren Alkoholen, wurde Bitumen nachgewiesen, denn die Analyse erbrachte neben den gesättigten Kohlenwasserstoffen mit langen Ketten ( $C_{23}$ - $C_{33}$ ) den Nachweis von Pristan ( $C_{19}H_{40}$ ) und Phytan ( $C_{20}H_{42}$ ). Diese stark verzweigten Kohlenwasserstoffe fehlen in rezent lebenden Organismen, also in Koniferenholzern, kommen aber in fossilen Substanzen wie Naphtha und Asphalt bzw. Bitumen vor. Die quantitative Bestimmung mittels Massenspektrometrie ergab einen Bitumengehalt von 10-30% und vermittelte auch die Herkunft der Asphaltprobe im Salböl. Leichen der vornehmen Ägypter enthielten immer Bitumen Judaicum, gewöhnliche Tote Asphalt aus Mesopotamien. Während lange Zeit angenommen wurde, die Verwendung von Asphalt sei, wenn überhaupt, erst unter der Herrschaft der Ptolemäer erfolgt, haben neuere Untersuchungen ergeben, daß Asphalt bereits im Neuen Reich um 1300 v. Chr. verwendet wurde. Der Grund dafür war einmal, daß Asphalt antiseptisch wirkte und vor Pilz- und Insektenbefall schützte, zum anderen war Schwarz nicht die Farbe der Trauer, sondern ein Symbol für die Wiedergeburt. Mit dem Einreiben des Toten mit einem schwarzen Salböl sollte eine magische Wiedergeburt erreicht werden.



Die Ampelitis wurde, wie schon erwähnt, zur Schädlingsbekämpfung im Wein- und Obstbau eingesetzt. Das zu Pulver vermahlene Produkt wurde mit Olivenöl angeteigt und auf die Stämme der Reben und Obstbäume gestrichen, wodurch Schädlinge abgetötet wurden. Besonders der gefürchtete Traubenwickler (*Tortrica uvana*) konnte wirksam bekämpft werden.

Naphtha und Asphalt wurden auch in der Kriegführung eingesetzt. Von Brandfackeln, die auf den Feind geschleudert wurden, berichtet schon Homer. Mit Brandfackeln wurden belagerte Städte und im Seekrieg die Schiffe in Brand geschossen, aber erst mit der Entwicklung der Destillationstechnik in der byzantinischen Zeit, als es gelang, größere Mengen an weißem Naphtha aus Rohöl zu gewinnen, erlangte diese Waffe größere Bedeutung. Die Spitze des Pfeils wurde mit Werg umwickelt, mit einer Mischung von Schwefel, Harz und Asphalt bestrichen und in weißes Naphtha getaucht. Vor dem Abschluß wurde der Pfeil in Brand gesetzt. Dieses "griechische Feuer" war eine wirkungsvolle und gefürchtete Waffe der Byzantiner im Kampf gegen die Araber und Venetianer. Mit dem Aufkommen des Schießpulvers und der damit verbundenen Entwicklung neuer Waffen wurde dieses Kriegsgesetz bedeutungslos.

Nach dem Zusammenbruch des römischen Reiches, in den Wirren der Völkerwanderung und durch die Expansion der Araber stockte der Handel zwischen dem Osten und dem Westen und die Kenntnisse über Naphtha und Asphalt gerieten in Vergessenheit. Erst mit den Kreuzzügen belebte sich der Handel wieder. Das Interesse richtete sich nun auch wieder auf die Beschreibungen dieser Produkte in der antiken Literatur und fand seinen Niederschlag in den mittelalterlichen Schriften.

## Summary

The objective of this essay is to compile information on knowledge about and use of naphtha and asphalt in the territories around the rivers Euphrates and Tigris in antiquity. Naphtha was used for illumination. Asphalt was used for house-building, floor-construction and coating of procession roads. Also, as insulation for bath-basins and canalisation, caulking of ships and medicine. Furthermore, naphtha and asphalt were both used for the construction of weapons. Places of discovery, collection and refining, properties and application were illustrated in the ancient literature.

1. Strabon aus Amaseia (63 v. Chr. - 23 n. Chr.), *Geographica*, übers. von A. Forbiger (Berlin 1855-1911), dt.; übers. von H. L. Jones (Cambridge-London 1969), gr.-engl.
2. Diodoros aus Agyrion (Sizilien), gen. Diodorus Siculus, (1. Jh. v. Chr.), *Bibliotheca* (Universalgeschichte), übers. von C. H. Oldfather (Cambridge-London 1989), gr.-engl.
3. C. Plinius Secundus d. Ä. (23-79 n. Chr.), *Naturalis Historia* (Naturkunde), übers. von R. König (München 1973-1994), lat.-dt.
4. Herodot aus Halikarnaß (484-430 v. Chr.), *Historiae*, übers. v. J. Feix (München 1963), gr.-dt.
5. Aristobulos aus Kassandreia, Teilnehmer am Feldzug Alexanders d. Gr.; die Schrift über den Feldzug ist verlorengegangen.
6. Poseidonios aus Apameia (135-50 v. Chr.), stoischer Philosoph, Geograph und Historiker; *De oceano* (Über den Ozean), *Historiae*, im Original verlorengegangen.
7. R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology* (Leiden 1964), Bd. I, S. 3-23.
8. Herodot, VI, 119.
9. Poseidonios bei Strabon, XVI, 1, 15.
10. Herodot, I, 179; VI, 119.
11. Dioskurides aus Anazarba (1. Jh. n. Chr.), *De materia medica* I, 100, übers. von J. Berendes (Stuttgart 1902, Nachdruck: Wiesbaden 1970), dt.
12. Plinius, *Nat. Hist.* II, 235; XXXV, 178.
13. Herodot, VI, 119. Als Maßstab wird das attische Stadion zugrunde gelegt: 1 Stadion = 600 Fuß = 177,6 m. Die angegebene Entfernung ist zu gering, denn sie beträgt 337,8 Stadien = 60 km.
14. Priscianus Lydus (6. Jh. n. Chr.), *Solutiones ad Chosroem VI*, 76, 17, Hrsg. I. Bywater, *Supplementum Aristotelicum* (Berlin 1886). Das für den Perserkönig Chosroes I. verfaßte Werk war in Griechisch geschrieben und ist in einer lateinischen Übersetzung erhalten geblieben.
15. Ammianus Marcellinus (330-395 n. Chr.), *Res gestae XXIII*, 6, 15; übers. von W. Seyfahrt (Berlin 1970), lat.-dt.
16. Herodot, I, 179.
17. Strabon, XVI, 1, 15.
18. Poseidonios bei Strabon, XVI, 2, 42-43.
19. Poseidonios bei Strabon, VII, 5, 8.
20. Plinius, *Nat. Hist.* XXXI, 82.
21. Plutarch aus Chaironeia (45-120 n. Chr.), *Vitae: Alexandros* 35; übers. von K. Ziegler und W. Wuhmann (Zürich 1994), gr.-dt.
22. Dioskurides, V, 180.
23. Umfassende Überblicks geben: Hugo Blümner, *Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern* (Leipzig-Berlin 1912, Nachdruck: Hildesheim 1969); R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology* (Leiden 1964), Vol. I; A. Neuburger, *Die Technik des Altertums* (Leipzig 1919); L. Suhling, *Erdöl und Erdölprodukte* (München 1975); [Georg Hansen], *Steinöl und Brunnenfeuer* (Kassel 1975).
24. Plinius, *Nat. Hist.* XXXV, 180-182.
25. Herodot, II, 86.
26. Diodoros, IX, 99.
27. Strabon, XVI, 2, 45.