

DAS BRAUNKOHLNFÜHRENDE NEOGENGEBIET VON SOMA, WESTANATOLIEN

Karl NEBERT

Riesstrosse 58 B/9, A-8010 Graz/Austria

ABSTRACT. — Bedrock mapping, stratigraphic studies, and structural geologic analyses combined with the results of a comprehensive drilling project have resulted in a clearer understanding of the lithostratigraphy and structural geology of the lignite-bearing Neogene area of Soma, Western Anatolia. The pre-Neogene basement consists mainly of Paleozoic graywacke and Mesozoic limestone. The Neogene sequence is composed of the Upper Miocene Soma Formation and the Lower Pliocene Deniz Formation. Both formations correspond to two sedimentary cycles. Pleistocene sediments were deposited during a third cycle. The structural geology of the area has been accomplished during two tectonic phases. NW-SE oriented horizontal movements produced decollements in the pre-Neogene basement and the Neogene sedimentary cover during the first tectonic phase. These phenomena are proved by a large number of mesoscopic structural elements, consisting of slickensides, striae and decollement surfaces, recorded both in the pre-Neogene basement and the Neogene sedimentary cover. The second tectonic phase produced the horst-grabenstructure of the area.

A. EINLEITUNG

Im Frühjahr 1958 betraute mich die General-Direktion des M.T.A.-Institutes mit der Ausarbeitung eines Bohrprogramms für das braunkohleführende Neogengebiet von Soma. Nach Einsichtnahme der vorhandenen geologischen und montangeologischen Literatur sowie nach mehreren Übersichtsbegehungen innerhalb des in Frage stehenden Gebietes musste ich feststellen, dass die für das Bohrprogramm erforderlichen geologischen Grundlagen nicht vorhanden waren. So schlug ich der General-Direktion eine Detailkartierung im Maßstab 1:10 000 zunächst des Gebietes südlich des Bakırçay vor.

Das Gebiet hatte eine Gesamtoberfläche von rund 330 km². Zwecks rascher Beendigung der geologischen Kartierungsarbeiten wurden von der General-Direktion des M.T.A.-Institutes noch die beiden Geologen Dr. Hans Ferstl und Kemalettin Göktunalı nach Soma beordert.

Die von mir bearbeiteten Gebietsteile entsprechen den Sektoren I, 2 und 4 (Abb. 2). Gesteinsbestand und Schichtfolge des kohleführenden Neogens konnten noch vor Beginn des Bohrprogramms festgelegt werden. Die aufgestellten lithostratigraphischen Einheiten wurden in der Folge durch das Bohrprogramm vollauf bestätigt. Darüber hinaus liessen sich diese Einheiten auch auf benachbarte Teilgebiete übertragen, wie dies die Kartierungsarbeiten der Geologen Ferstl und Göktunalı nachtraglich gezeigt haben.

Da das Explorationsprogramm in erster Linie die geologischen Verhältnisse im kohleführenden Neogen zu klären hatte, wurde auf eine detaillierte Kartierung des vorneogenen Grundgebirges verzichtet.

Herr Ferstl kartierte das Gebiet um den Köseadağ und westlich des Dorfes Dereköy. Das von ihm bearbeitete Gebiet ist in der Übersichtskarte der Abb. 2 nicht dargestellt. Die Ergebnisse seiner Kartierungsarbeiten liegen in einem unveröffentlichten M.T.A.-Bericht vor (Ferstl, 1958). Herr Göktunalı übernahm das Kohlenrevier von Eğnez (s. Abb. 2, Sektor 3).

Die Ergebnisse seiner Aufnahme sind desgleichen in einem unveröffentlichten M.T.A.-Bericht (Göktunalı, 1959) enthalten. Die Kartierungsergebnisse über das gesamte Neogengebiet südlich des Bakırçay (Tafel I) sind in meinem ersten, unveröffentlichten M.T.A.-Bericht zusammengefasst (Nebert, 1959).

Die Bohrtätigkeit begann im Frühjahr 1958 und endete im Herbst 1959. Insgesamt wurden im Neogengebiet südlich des Bakırçay (s. Abb. 2) 60 Bohrungen mit einer Gesamtbohrlänge von 16.533 m niedergebracht. Die Verteilung der Bohrungen auf die einzelnen Sektoren ist Tabelle I zu entnehmen.

Tabelle - I

Sektor	Anzahl der Bohrungen	Bohrmeterzahl
1	14	5 422,85
2	35	8 651,85
3	3	596,55
4	8	1 862,10
zusammen	60	16 533,35

Die Betreuung der Bohrungen lag in den Händen des M.T.A.-Geologen Orhan Engin, der auch sämtliche Bohrprofile anfertigte.

Die anzuwendende Bohrtechnik sollte eine einwandfreie Beurteilung der Kohlenflöze sowie der übrigen Schichten ermöglichen. Da die Schichtfolge und die Mächtigkeit der lithostratigraphischen Einheiten durch die vorausgegangenen geologischen Detailaufnahmen bekannt waren, konnte eine kombinierte Bohrtechnik angewendet werden. Im neogenen Deckgebirge wurde überwiegend gemeißelt. Gekernt wurde in diesem Bereich nur dann, wenn das stratigraphische Niveau genauer zu ermitteln war oder wenn bestimmte geologische Verhältnisse zu klären waren. Durchgehend gekernt wurde stets innerhalb der auftretenden Lignit-Glieder sowie im Grundgebirge.

Kerngewinn und Kernentnahme waren im allgemeinen zufriedenstellend. Der Kerngewinn betrug meistens mehr als 90%. Eine einwandfreie Beurteilung der Lignit-Glieder im Hinblick auf eine Vorratsberechnung war somit gewährleistet. Auch die lithologische Beschaffenheit der übrigen Schichtglieder des Deckgebirges sowie der lithologische Charakter des Grundgebirges konnten zufriedenstellend ermittelt werden.

Einige Bemerkungen über Spülungsverluste mögen die Ursache von auftretenden bohrtechnischen Schwierigkeiten erklären. Spülungsverluste traten jeweils dann ein, wenn die Bohrung in eine tektonisch zerrüttete Zone gelangte. Die hier auftretende Zertrümmerung des Gesteinsverbandes verursachte den Spülungsverlust. Zuweilentrat auch im Bereich des Kalkstein-Gliedes m_3 ein Spülungsverlust auf. Verursacht wurde er zumeist von Hohlräumen, deren Entstehung wahrscheinlich auf eine Verkarstung zurückzuführen ist.

Gespanntes Wasser trat bei mehreren Bohrungen (z.B. 202, 225, 226, 228) in verschiedenen stratigraphischen Niveaus auf. So erreichte beispielsweise Bohrung 228 einen Horizont mit gespanntem Wasser in 180 m Tiefe. Die Schüttung betrug 2,5 l/Sek. Mit dem Anzapfen des artesischen Wassers versiegten schlagartig alle natürlichen Quellen der unmittelbaren Umgebung. Bei Bohrung 225 traten zwei Horizonte mit gespanntem Wasser auf. Der erste Horizont lag in einer Tiefe von 201,70 m. in 233 m Tiefe trat der zweite Horizont auf. Die Schüttung betrug beim zweiten Horizont 25 l/Sek.

In ihrer Gesamtheit stellten die durchgeführten Bohrungen ein Explorationsprogramm dar. Die Aufschlussbohrungen hatten in erster Linie die Aufgabe, Beschaffenheit, Mächtigkeit, Teufenlage und Ausdehnung der auftretenden Lignit-Glieder zu untersuchen. Daneben war die Beschaffenheit des Liegenden, insbesondere der lithologische Charakter und die Teufenlage des Grundgebirges zu erkunden. Schliesslich sollten die niedergebrachten Bohrungen die aufgestellte Stratigraphie auf ihre Richtigkeit prüfen. Zu diesem Zweck wurde das gezogene Kernmaterial verschiedenen Untersuchungen zugeführt. Alle Untersuchungen wurden in den Laboratorien des M.T.A.-Institutes in Ankara durchgeführt. Chemische und technologische Untersuchungen (Immediatanalysen, Bestimmung des Heizwertes, Bestimmung der Wichte etc.) lieferten die Grundlagen für die Beurteilung der Qualität der Kohle sowie die Grundlagen für ihre weitere technologische Bearbeitung. Petrographische und paläontologische Untersuchungen ergänzten die lithologische Charakterisierung des Deckgebirges bzw. klärten das Alter der neogenen Schichtfolge. Schliesslich möchte ich darauf hinweisen, dass strukturgeologische Untersuchungen, die ich in verschiedenen Gebietsabschnitten vorgenommen hatte, wesentlich zur Klärung des komplizierten tektonischen Baues beitrugen.

Das südlich des Bakırçay durchgeführte Bohrprogramm stellte die erste Phase eines Explorationsprogramms im neogenen Raum von Soma dar. Als zweite Phase schloss sich die Erkundung des nördlich des Bakırçay liegenden Neogengebietes (Abb. 2, Sektoren 5,6,7 und 8) an. Sie wurde in Form einer Spezialkartierung im Masstab 1:25 000 während der Jahre 1959 und 1960 durchgeführt. Da in dem betreffenden Gebiet mehrere stillgelegte Kohlenabbau existieren, sollten in erster Linie die montangeologischen Verhältnisse der dort auftretenden Kohlenlager geklärt werden.

Über diese Arbeiten liegen zwei Berichte (Nebert, 1960d und 1961) vor. Tafel II bringt die geologische Karte (1:50 000) des kartierten Gebietes.

In meinem unveröffentlichten M.T.A. - Berichten hob ich hervor, dass eine eingehende wissenschaftliche Verarbeitung sämtlicher Daten, die uns die Kartierungsarbeiten und das Bohrprogramm auf der einen, die Untersuchungsergebnisse der M.T.A.-Laboratorien auf der anderen Seite geliefert haben, später erfolgen wird. Anderweitige Verpflichtungen verhinderten mich, die bereits redigierten Einzelteile dieser Arbeit für den Druck zeitgerecht fertigzustellen.

Danksagung

Von Seiten des M.T.A.-Institutes erhielt ich jegliche Unterstützung. Dafür sowie für die Publikationserlaubnis der vorliegenden Arbeit möchte ich Herrn Generaldirektor Prof. Dr. Sadrettin Alpan zutiefst danken. Mein Dank gebührt auch Herrn Dipl.-Ing. Sadettin Pekmezçiler für das Interesse und für die Unterstützung, die er stets meinen Arbeiten entgegenbrachte. Schliesslich sei es mir erlaubt, meinen herzlichsten Dank noch all jenen Damen und Herren auszusprechen, die in den M.T.A.-Laboratorien durch ihre Spezialuntersuchungen, -bestimmungen, und -analysen dazu beigetragen habe, das geologische und montangeologische Bild über das braunkohleführende Neogengebiet von Soma abzurunden.

B. GESCHICHTLICHER ÜBERBLICK ÜBER DIE ERKUNDUNG DES BRAUNKOHLENGEBIETES VON SOMA

Die ersten geologischen Daten über das Gebiet von Soma haben uns Forschungsreisende (Philippson, 1910; Chaput, 1936) in Form von kurzen Reisenotizen hinterlassen. Darüber hinaus existiert im Archiv des M.T.A.-Institutes in Ankara eine grössere Anzahl von unveröffentlichten Berichten, die sich speziell mit dem Braunkohlenrevier von Soma befassen. Ausserdem er-

schiene über das Gebiet drei Publikationen (Brinkmann et al., 1970; Kleinsorge, 1941 und Nebert, 1975).

In der geologischen und montangeologischen Erkundung des Braunkohlengebietes von Soma zeichnen sich zwei Perioden ab. Die erste Periode beinhaltet im wesentlichen die Erkundungsarbeiten von Kleinsorge. Die zweite Periode umfasst das unter meiner Leitung durchgeführte Explorationsbohrprogramm, sowie die dem Programm vorausgegangenen und in der Hauptsache von mir ausgeführten geologischen Detailaufnahmen im südlichen Neogengebiet von Soma. In diese zweite Periode fallen auch die von mir getätigten geologischen Spezialaufnahmen (im Masstab 1 :25 000) des nördlichen Neogengebietes von Soma.

In der ersten Periode seien zunächst zwei Berichte zu erwähnen, die sich mit wirtschaftlichen, organisatorischen und bautechnischen Fragen hinsichtlich der Erweiterung und Vergrößerung des Kohlenreviers von Soma befassen. Es ist dies der Bericht von Gencer (1932) und der Bericht von Gratacap (1943). Geologische oder montangeologische Probleme werden in den beiden Berichten kaum berührt.

Die nächste Gruppe von Berichten der ersten Periode enthält geologische Untersuchungen der näheren und weiteren Umgebung von Soma. An erster Stelle seien hier die Arbeiten von Kleinsorge (1939, 1940 und 1941) anzuführen. Die Ergebnisseseiner Untersuchungen fanden ihren Niederschlag in einer geologischen Übersichtskarte (Blatt Akhisar 70-1, Masstab 1 :100 000). Zwar müssen, wie wir weiter unten sehen werden, einige seiner Beobachtungen heute anders gedeutet werden, trotzdem geben seine Untersuchungen einen ersten geologischen Überblick über das in Frage stehende Gebiet.

In seinen Arbeiten über das kohleführende Neogengebiet von Soma unterscheidet Kleinsorge zwei gleichaltrige aber in ihrer lithologischen Ausbildung verschiedene Faziesgebiete: ein südliches und ein nördliches Faziesgebiet. Das südliche Faziesgebiet liegt südlich des Bakırçay und würde etwa die Kompartimente 1, 2, 3 und 4 umfassen (s. Abb. 2). Das nördliche Faziesgebiet liegt nördlich des Bakırçay und schliesst die Kompartimente 5, 6, 7 und 8 ein (s. Abb. 2). Im nördlichen Faziesgebiet dominieren pyroklastische Gesteine, die nach Kleinsorge dem unteren hauptflözführenden Abschnitt der lakustrischen Sedimentfolge eingeschaltet sind. Demgegenüber sollen im südlichen Faziesgebiet dem unteren Abschnitt der kohleführenden Neogenfolge tuffogene oder vulkanogene Materialeinschaltungen fehlen. Letztere setzen in zeitlicher Richtung erst viel später ein. Wie noch gezeigt werden soll, lässt sich Kleinsorge's Aufgliederung in zwei Faziesgebiete im Bereich der Neogenablagerungen von Soma leider nicht durchführen.

Ferner spricht Kleinsorge in seinen Berichten (1939 und 1940) sowie in seiner Publikation (1941) von einer «nachneogenen (nachmiozänen) Faltung», in die auch die braunkohleführenden Schichten miteinbezogen wurden. In Wirklichkeit haben wir es aber mit einer Bruchschollentektonik zu tun als Folge von Hebungs- und Senkungsvorgängen an der Wende Pliozän-Quartär (Nebert 1959 und 1975). Diese Erkenntnis ist für den Abbau der Kohle von eminenter Bedeutung. Die Bruchschollentektonik wurde neuerdings von Brinkmann und seinen Mitarbeitern bestätigt (Brinkmann et al., 1970).

Schliesslich glaubt Kleinsorge (1941), dass das kohleführende Gebiet südlich von Soma aus mehreren kleinen Sedimentationsbecken bestanden hätte. Die einzelnen Kleinbecken sollen durch enge Kanäle miteinander verbunden gewesen sein. Dies trifft nicht zu. Wie später gezeigt werden soll, stellte das gesamte Neogengebiet von Soma ein ausgedehntes und einheitliches Beckenareal dar. Junge epirogene Hebungen und Senkungen des Beckenuntergrundes

und -rahmens haben das gesamte Becken-Grossareal bruchzerstückelt und den Beckeninhalt auseinandergerissen. Bei diesen Vorgängen entstanden kleine Einzelschollen. In den höher liegenden Schollen fielen die Neogensedimente der Abtragung zum Opfer, in den tiefer liegenden Schollen blieben die Sedimente erhalten und täuschen heute isolierte Kleinbecken vor.

In den Jahren 1939 und 1940 führte das M.T.A.-Institut im Konzessionsgebiet der Gesellschaft G.L.I.-Somaein Bohrprogramm durch, dessen Ergebnisse von Romberg (1940a und 1941) in zwei Berichten besprochen werden. Gebohrt wurde in der Umgebung des Mumya Tepe (= Kompartiment I, Abb. 2). Leider wurde auch im Kohlenflöz nur gemesselt. Kerne konnten aus bohrtechnischen Gründen nicht gezogen werden. Die Bohrprofile wurden anfangs auf Grund des durch die Immediatanalyse ermittelten Aschengehalts der eingesandten Bohrschlammproben angefertigt. Später erfolgte die lithologische Bestimmung lediglich mit Hilfe des zu Tage geförderten Bohrschlammes. Romberg (1940a und 1941) weist darauf hin, dass die erzielten Bohrergebnisse nur mit Vorbehalt zu verwerten seien. Es zeigte sich, dass die Bohrangaben bis zu 80% unzuverlässig waren (mündliche Mitteilung des G.L.I. Betriebsleiters, Herrn Dipl.-Ing. Hasan Mumcu). Das ausgeführte Bohrprogramm konnte weder die Lithostratigraphie des Gebietes, noch die stratigraphische Stellung der einzelnen Kohlenflöze klären. So kam es zu Fehldeutungen und Flözverwechslungen, ein Umstand, der die später durchgeführten montangeologischen Erkundungsarbeiten negativ beeinflusste. Dies trifft vor allem auf die Erkundungsarbeit von Arni (1942) zu. Arni übernahm die Vorstellung Kleinsorge's über den Bau und den Inhalt der neogenen Schichtfolge der Umgebung von Soma. Infolgedessen stellte seine geologische Detailkarte im Masstab 1 :5 000 keinen nennenswerten Fortschritt dar. In Unkenntnis der wahren stratigraphischen Verhältnisse zeichnete Arni seine Profile mit flach einfallenden bis söhligten Schichten, wobei er das untere (Haupt-) Flöz (k_1) mit dem mittleren (k_2) oder oberen Flöz (k_3) verband und auf diese Weise zu Flözaufspaltungen von über 100 m gelangte.

Zwei weitere M.T.A.-Berichte von Romberg (1940b) und von Romberg und Kleinsorge (1941) stammen noch aus dieser Erkundungsperiode. Sie befassen sich mit Prospektions- und Schürfarbeiten auf Braunkohle in der Umgebung von Soma.

Drei Kartierungsberichte von Hayr (1955a, 1955b und 1955c) gehören auch noch in die erste Erkundungsperiode. Stratigraphie und Tektonik der bearbeiteten Gebiete wurden in diesen Berichten der Konzeption Kleinsorge's angepasst.

Zusammenfassend lässt sich über die Erkundungsarbeiten der ersten Periode folgendes sagen: Zwar gaben die Arbeiten von Kleinsorge eine regionalgeologische Übersicht über das Kohlengebiet von Soma, es fehlten jedoch lithostratigraphische Detailuntersuchungen als Grundlage für ein umfassendes Bohrprogramm. Vor allem war die neogene Schichtfolge sowie die stratigraphische Position der einzelnen Kohlenglieder innerhalb dieser Schichtfolge nicht zufriedenstellend geklärt.

So ergab sich die Notwendigkeit im südlichen Neogengebiet Detailkartierungen im Masstab 1 :5 000 und 1 :10 000 durchzuführen, wobei das Schwergewicht auf die genaue Herausarbeitung der lithostratigraphischen Verhältnisse gelegt wurde. Diese Kartierungsarbeiten umfassen zusammen mit dem nachfolgenden Bohrprogramm einen Teil der zweiten Explorationsperiode. Die Ergebnisse dieser Arbeiten fanden ihren Niederschlag in der geologischen Karte der Tafel I. Mit dem Ergebnis der durchgeführten Detailkartierungen (Nebert, 1959; Göktunalı, 1959) liess sich nicht nur die lithostratigraphische Folge sondern auch die Mächtigkeit der einzelnen Formationsglieder genau festlegen, so dass man beim nachfolgenden Bohrprogramm deren Tiefenlage mit einer optimalen Genauigkeit voraussagen konnte. Dies hatte für das Bohrprogramm grosse Vorteile, denn die zu meisselnden und die zu kernenden Bohrstrecken konnten vom Geologen im voraus festgelegt werden.

Das umfassende Bohrprogramm bestätigte vollauf die durch die Detailkartierung ermittelten lithostratigraphischen Einheiten.

Auf Grund dieser Arbeiten liessen sich die neogenen Ablagerungen des Braunkohlengebietes von Soma lithostratigraphisch in zwei Serien gliedern (Nebert, 1959): in eine miozäne «untere Serie» und in eine pliozäne «obere Serie». Jede dieser beiden Serien stellt einen geschlossenen Sedimentationszyklus dar, worüber noch im stratigraphischen Teil dieser Arbeit berichtet werden soll.

Die Ergebnisse des Bohrprogramms wurden von mir in vier Berichten ausführlich besprochen (Nebert, 1960a, 1960b, 1960c, und 1960e).

Nach Beendigung des Explorations- und Bohrprogramms im südlichen Neogengebiet von Soma wurde die Erkundung des nördlichen Gebietes in Angriff genommen (Nebert, 1960d, 1961). Die Spezialaufnahmen im Masstab 1:25 000 (s. geologische Karte der Tafel II) zeigten, dass die im südlichen Neogengebiet aufgestellte lithostratigraphische Folge auch für das nördlich des Bakırçay liegende Neogengebiet, ihre volle Gültigkeit hat. Denn auch im nördlichen Neogengebiet von Soma liessen sich die beiden Sedimentserien des südlichen Neogengebietes mit allen ihren Schichtgliedern nachweisen. Dazu trat noch eine quartäre Folge auf. Ihre Schichtglieder lassen sich zu einem dritten Sedimentationszyklus zusammenfassen.

1970 erschien eine Arbeit von Brinkmann und seinen fünf Mitarbeitern über die «Geologie der Soma Dağları». Offensichtlich handelt es sich hierbei um die Zusammenfassung von fünf Diplomarbeiten (der Herren R. Feist, W. U. Marr, E. Nickel, W. Schlimm und H.R. Walter) unter der Leitung von Professor Brinkmann. Die Feldarbeiten wurden 1965/66 von den fünf genannten Herren durchgeführt. Wie das Übersichtskärtchen der Tafel I zeigt, hat Prof. Brinkmann an den Feldarbeiten selbst nicht teilgenommen. Als Arbeitsunterlage dienten Karten im Masstab 1:25 000 (Brinkmann et al., S. 7).

Nachdem das von mir geleitete Explorationsprogramm der zweiten Erforschungsperiode (1958-1960) in erster Linie das Ziel verfolgte, die Perspektiven hinsichtlich einer Kohleführung des neogenen Raumes von Soma zu klären, wurde das Schwergewicht der Arbeiten auf die Herausarbeitung der neogenen Lithostratigraphie gelegt. Auf die Lithostratigraphie des vorneogenen Grundgebirges wurde hierbei bewusst verzichtet. Auf den von mir angefertigten geologischen Karten (Tafel I und II) erscheint das Grundgebirge lediglich als «Grauwacken» oder als «mesozoische Kalke».

Eine detaillierte lithostratigraphische Gliederung des Grundgebirges hätte nun von den fünf Mitarbeitern Brinkmann's durchgeführt werden können. Dass dies möglich gewesen wäre, zeigt das von H.R. Walter gezeichnete Profil der Abb. 2 (Brinkmann et al., S. II). Leider ist dies nicht geschehen. Auf der beigefügten geologischen Karte (Brinkmann et al., Tafel I) ist das Grundgebirge desgleichen nur als Kalkstein und als Grauwacken-Schiefer-Folge ausgeschieden. Immerhin wissen wir jetzt, dass der mesozoische Kalkstein ein oberjurassisches Alter hat, und dass die Grauwacken-Schiefer-Folge dem Jungpaläozoikum angehört.

In ihrer Signaturgebung ist die von Brinkmann et al. (Tafel I) angefertigte geologische Karte recht unübersichtlich und stellenweise verwirrend. Hierzu kommen Ungenauigkeiten, die nicht nur auf der geologischen Karte auftreten, sondern auch in den Profilen (Tafel II). Als Beispiel sei der Westabschnitt von Profil c angeführt. Hier liegt über der jüngeren Tuff-Mergel-Folge mit gleichem Einfallswinkel die ältere Mergel-Kalk-Folge. Aus dem Profil ist nicht ersichtlich, ob es sich hierbei um eine inverse Lagerung oder um eine Störung (Aufschiebung) handelt. Auf der geologischen Karte fehlt der betreffende Ausbiss der Mergel-Kalk-Folge.

Auch sonst hat man mit den Profilen der Tafel II Schwierigkeiten, denn ihre Lage ist auf der geologischen Karte nicht eingezeichnet. Zudem sind die Profile durchwegs parallel zur Streichrichtung der neogenen Schichtfolge gezeichnet. Dadurch erscheinen die bis mittelsteil einfallenden Neogenschichten in einer mehr oder weniger söhlichen Lagerung, wodurch der wirkliche Bau des neogenen Bereichs nicht zum Ausdruck kommt. Es ist nur zu hoffen, dass die angefertigte geologische Karte (Brinkmann et al., Tafel I) und die Profile (Tafel II) als Ergebnis einer «neuen Durchforschung» des kohleführenden Gebietes von Soma alle «wissenschaftlichen und praktischen Fragen» (Brinkmann et al., S. 7) zur vollen Zufriedenheit der betreffenden Bergbaugesellschaften gelöst haben.

Auch auf die vielen Unterlassungen und Ungenauigkeiten hinsichtlich der Literaturzitation soll noch kurz hingewiesen werden. So sagen beispielsweise Brinkmann et al., (S. 7) gleich in der Zusammenfassung, dass das Braunkohlenegebiet der Soma Dağları auf Grund «einer neuen stratigraphischen Gliederung» kartiert wurde. Dies stimmt insofern nicht, als auf ihrer geologischen Karte eine stratigraphische Gliederung des vorneogenen Grundgebirges überhaupt nicht durchgeführt, die lithostratigraphische Gliederung des braunkohleführenden Neogens mit allen Details aber von mir übernommen wurde. Ferner schreiben Brinkmann et al., auf Seite 22, dass das Neogen sich in zwei Zyklen gliedern liesse. Dabei unterlassen sie es zu erwähnen, dass diese beiden Sedimentationszyklen erstmalig durch meine Arbeiten (Nebert 1959, 1960d, 1961) festgelegt wurden. So findet man fast auf jeder Seite ihrer Arbeit (Brinkmann et al., 1970) derartige Unterlassungen oder Ungenauigkeiten, die beim Lesen den Eindruck erwecken, es handele sich um neue Erkenntnisse, die wir ausschliesslich den Untersuchungen Brinkmann's und dessen Mitarbeitern verdanken.

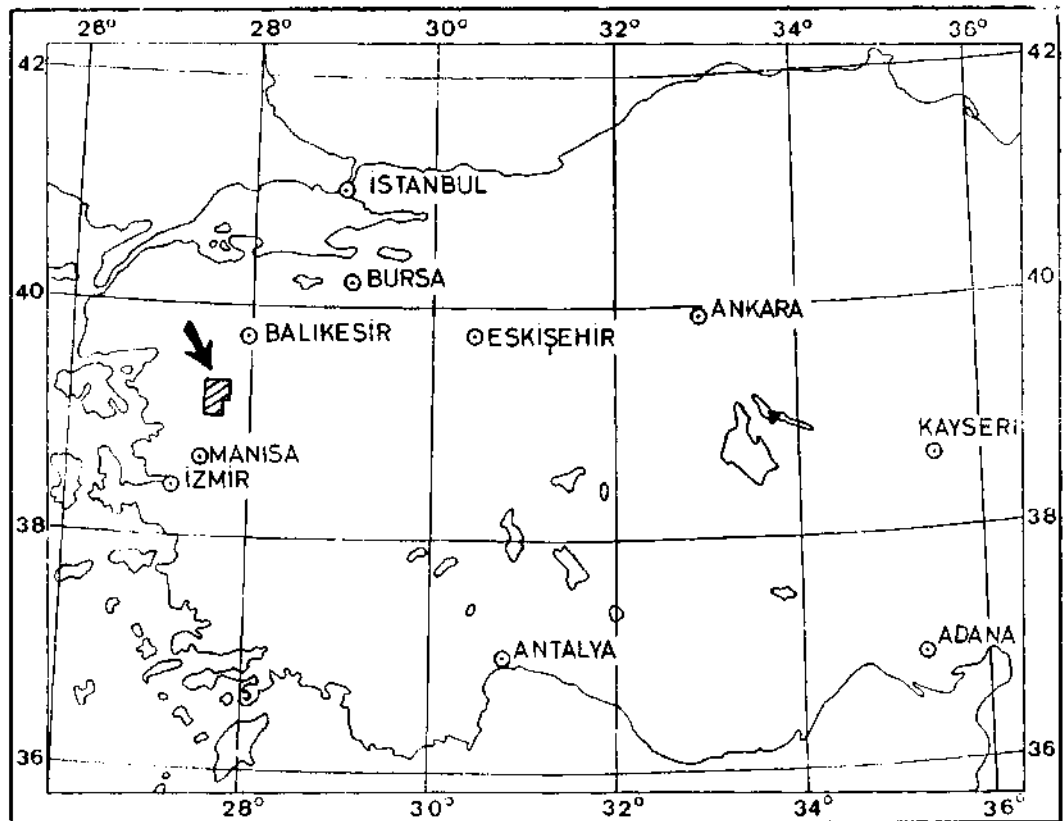


Abb. I - Geographische Lage des braunkohlenführenden Neogenebietes von Soma (Westanatolien).

Unterschiedliche Auffassungen zwischen Brinkmann et al., und mir bestehen hinsichtlich des Baues des Neogengebietes von Soma sowie hinsichtlich der Bildung und des Bildungsraumes der Braunkohle. Darauf soll an gegebener Stelle näher eingegangen werden.

Abschliessend sei noch eine mehr strukturgeologisch ausgerichtete Arbeit über Horizontalbewegungen im Braunkohlengebiet von Soma (Nebert, 1975) angeführt. Auch diese wird im tektonischen Teil der vorliegenden Arbeit eingehend besprochen.

C. GEOGRAPHISCHE LAGE

Das Neogengebiet von Soma liegt in der ägäischen Zone Westanatoliens (Abb. 1). Entsprechend ist auch das Klima. Die Sommer sind heiss und regenlos. Im Herbst setzt die Regenperiode ein. Sie reicht mit kürzeren oder längeren Unterbrechungen bis etwa Mitte März. Während des Winters führen die höheren Berge Schnee.

Hauptentwässerungsader ist der Bakırçay, der ins Ägäische Meer mündet. Er teilt das kartierte Neogengebiet in einen Nord- und in einen Südabschnitt ein. Die meisten seiner Nebenadern führen nur während Regenzeiten Wasser. Eine Ausnahme bildet der Işıklar Dere, der Kocaçay (Abb. 2), der Bayat Dere und der Akçay (Tafel II). Im allgemeinen muss das Neogengebiet von Soma als wasserarm bezeichnet werden. Dies gilt besonders für die Sommermonate, wo die meisten Quellen versiegen.

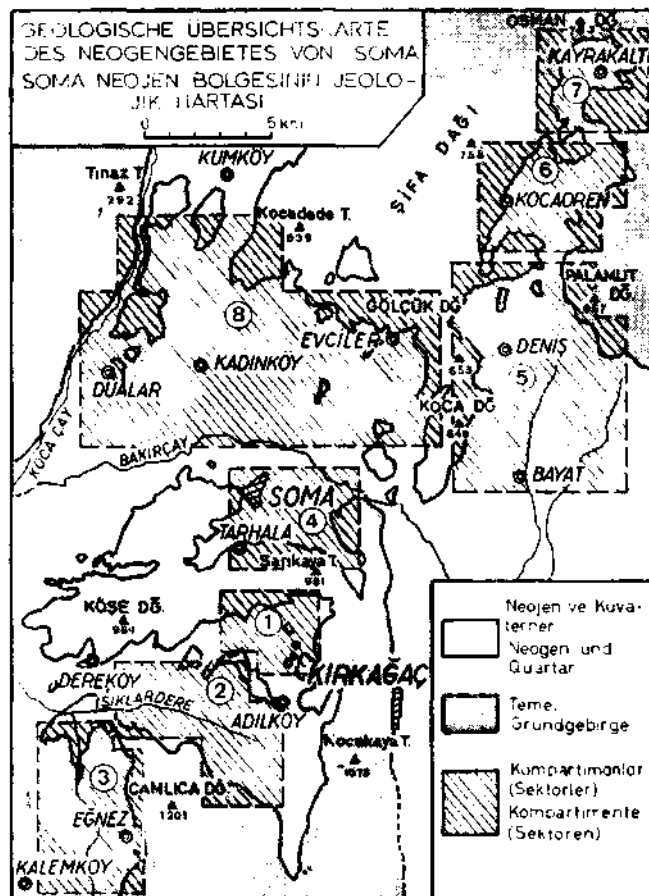


Abb. 2 -

Die Morphologie des Gebietes ist strukturgebunden. Zwei altersmässig verschiedene Bruchsysteme (s. tektonischer Abschnitt dieser Arbeit) haben dem Gebiet einen komplizierten Horst-Graben-Bau aufgeprägt. Die Gräben werden im allgemeinen vom kohleführenden Neogen eingenommen, während in den Horsten das Grundgebirge aufragt. Durch diese Aufkammerung kam es zur Bildung von folgenden morphologischen Kompartimenten (Sektoren), die in der Übersichtskarte der Abb. 2 mit den Nummern 1-8 versehen wurden: Mumya-Tepe-Kompartiment (1), Işıklar-Dere-Kompartiment (2), Eğnez-Kompartiment (3), Soma-Kompartiment (4), Deniz-Kompartiment (5), Kozluören-Kompartiment (6), Kayrikaltı-Kompartiment (7) und Kadıncık-Kompartiment (8). Die Kompartimente sind miteinander zumeist durch schmale Neogenstreifen verbunden.

In seiner Gesamtheit ist das Gebiet südlich des Bakırçay (Kompartiment 1, 2, 3 und 4) wesentlich höher geschaltet, als jenes nördlich dieses Flusses. Die Höhen der einzelnen Gebirgsteile liegen im Südabschnitt zwischen 900 und 1200m (Köşe Dağı 984 m, Sarıkaya Tepe 951 m, Kocakaya Tepe 1073 m, Çamlıca Dağı 1201). Im Nordabschnitt erreicht nur der Kordağ eine Höhe von 919 m (Tafel II). Alle übrigen Berge liegen unter 900 m.

Im Nordabschnitt dacht sich das neogene Hügelland von der Grundgebirgsumrandung, wo es Höhen von 350 m erreicht, allmählich südwärts gegen die Ova des Bakırçay (120-130 m) ab.

Das Gebiet südlich des Bakırçay ist zum überwiegenden Teil mit Wald bedeckt. Wo kein Wald vorhanden ist, tritt dichtes Gestrüpp auf. Aus diesem Grund waren die Aufschlussverhältnisse im Südabschnitt ungünstig. Demgegenüber ist der Nordabschnitt im allgemeinen frei von Waldbewuchs. Dieser Umstand wirkte sich recht günstig auf die Aufschlussverhältnisse aus.

D. GESTEINSVERBAND UND SCHICHTFOLGE

Wie eingangs erwähnt, wurde bei den Kartierungsarbeiten das Schwergewicht auf die Herausarbeitung der neogenen Schichtfolge gelegt. Auf ein detailliertes lithostratigraphisches Studium des vorneogenen Grundgebirges wurde absichtlich verzichtet. Die Untersuchung des Grundgebirges im südlichen Abschnitt des Gebietes von Soma führten Brinkmann und seine Mitarbeiter (Brinkmann et al., 1970) aus.

I. DAS VORNEOGENE GRUNDGEBIRGE

Der jetzige vorneogene Grundgebirgsrahmen entspricht in keiner Weise der einstigen Beckenumrandung. Die Grenzlinien zwischen vorneogenem Grundgebirge und den neogenen Ablagerungen sind überwiegend tektonisch bedingte Scheidelinien. Wie später gezeigt werden soll, sind sie das Ergebnis junger tektonischer Vorgänge.

Das Grundgebirge ist in der Hauptsache aus Grauwacken und mesozoischen Kalksteinen, Halbarmoren und Dolomiten aufgebaut.

Die graublauen bis braungrauen Grauwacken sind die ältesten Gesteine des Gebietes. Sie bestehen aus leichtmetamorphen Sandsteinen, Arkosen, Schiefen und Konglomeraten, denen lokal dunkle, cm-starke Kalksteinbänke linsenförmig zwischengeschaltet sind. Daneben treten in den Grauwacken des nördlich des Bakırçay liegenden Gebietsabschnittes (Tafel II) noch Linsenkörper eines hellen, zumeist grobkörnigen Marmors auf. Im Grauwackenkomplex sind die Marmorlinsen tektonisch eingeregelt. Besonders schön ist dies bei dem Dorf Sevisler zu sehen (Tafel II).

Einige Grauwackenproben wurden mikroskopisch untersucht (Bestimmung: P. de Wijkerslooth und K. Markus). In einem serizitisch-kieseligen Bindemittel liegen Mineralfragmente von undulösem Quarz, Orthoklas, Plagioklas und Muskovit sowie Gesteinsfragmente von Hornstein, Quarzit, Kalkstein und manchmal auch von Effusiva.

Brinkmann et al. (1970) fassen die Gesteine des Grauwackenkomplexes unter der Bezeichnung «Grauwacken-Schiefer-Folge» zusammen und vergleichen sie mit einerflyschähnlichen Wechsellagerung klastischer Gesteine. Die gleichen Autoren führen noch starkzeretzte, dunkelgrünliche, basische Vulkanite (Andesite) und Tuffe an, die verstreut innerhalb der Grauwacken-Schiefer-Folge vorkommen. Die auf den beiden geologischen Karten (Tafel I und II) bei der Ortschaft Tarhala von mir als Diabas (d) ausgeschiedene vulkanische Masse dürfte ein derartiges Vorkommen sein.

Der Grauwackenkomplex ist beachtlich deformiert und tektonisiert. Dies äussert sich vor allem in den zahlreichen dünnen und dicken Kalzitadern, die das Gestein richtungslos durchsetzen.

Kleinsorge (1941) stellte den Grauwackenkomplex der Umgebung von Soma ins Karbon bzw. Permo-Karbon. Diese Einstufung wurde durch die Untersuchungen von Brinkmann et al., bestätigt. Nach diesen Autoren soll die Sedimentation der Grauwacken-Schiefer-Folge bereits im Karbon begonnen und bis ins mittlere Perm angehalten haben.

Im südlichen Neogengebiet von Soma hat der Grauwackenkomplex eine geringe Ausdehnung (Tafel I). Lediglich nördlich der Ortschaft Eğnez nimmt er eine grössere Fläche ein. Im nördlichen Neogengebiet ist fast der gesamt Şifa Dağı aus Grauwacken aufgebaut. Nach Westen zu erstrecken sich die Grauwacken über den Yağcalı Çayı hinaus (Tafel II).

Die mesozoischen Kalksteine (Foto 1 u. 2) sind lithologisch uneinheitlich ausgebildet. Neben massigen, ungebankten Kalken treten auch gut gebankte bzw. geschichtete Varietäten auf. Gelegentlich sind im mesozoischen Verband Halbmarmer, Dolomite und rote oder grüne Radiolarite zu sehen.

Altersmässig wurden die mesozoischen Kalksteine auf Grund ihrer Mikrofauna in den Oberjura gestellt, wobei möglicherweise auch die Unterkreide vertreten sein könnte (Brinkman et al., S. 12).

Die oberjurassischen Kalksteine sind besonders im südlichen Neogengebiet von Soma verbreitet (Tafel I), wo sie den Köşe Dağı, Çamlıca Dağı sowie jene Berge (Çaltı Tepe, Adiller Tepe, Güllü Tepe) aufbauen, die das südliche Neogengebiet im Osten abgrenzen. Im nördlichen Neogengebiet erscheinen mesozoische Kalke von wahrscheinlich oberjurassischem Alter im Koca Dağı und im Sivri Tepe (südlich des Dorfes Kozluören, Tafel II). Ferner könnte der helle und grobkörnige Marmor, der bei den Dörfern Beyce und Hecizköy die Berge Kale Tepe und Karadede Tepe aufbaut, (Tafel II), desgleichen ein mesozoisches Alter haben. Bei Yırca Köy (Tafel II) taucht der gleiche Marmor horstartig aus dem umgebenden Neogen heraus und baut den Ada Tepe auf.

Am Nordwesthang des Çamlıca Dağı (Tafel I) fanden Brinkmann und seine Mitarbeiter einein Grauwacken eingeklemmte Kleinscholle, die aus einem dunklen, fossilführenden permischen Kalkstein bestand. Ähnliche dunkelgraue, dichte, feinkörnige Kalksteine bauen den Kor Dağı, den Payamlı Tepe und den Palamut Tepe im Ostabschnitt des nördlichen Neogengebietes von Soma auf (Tafel II). Diese Kalksteine dürften desgleichen ein permisches Alter haben.

Zu erwähnen wären schliesslich rote Hernsteinfolgen, die nicht nur innerhalb des mesozoischen Kalksteinverbandes auftreten, sondern auch inmitten des Grauwackenkomplexes. Letzteres ist besonders gut im nördlichen Neogengebiet von Soma zu beobachten.

2. DIE NEOGENE SCHICHTFOLGE

In meinen unveröffentlichten Berichten (Nebert, 1959, 1960d und 1961) hatte ich das braunkohleführende Neogen von Soma in zwei Schichtfolgen gegliedert, denen ich die Bezeichnung «Serien» gab. So unterschied ich eine «untere Serie» und eine «obere Serie». Die untere Serie hatte ein miozänes Alter und erhielt das Symbol «m». Die obere Serie stellte ich ins Pliozän. Sie erhielt das Symbol «p».

In vorliegender Arbeit erhalten die beiden neogenen Serien den Status von Formationen. Als Grundlage für die Typisierung und Definition der Formationen dienten die Richtlinien der «American commission on stratigraphic nomenclature» (1961), ferner die Empfehlungen der Schweizer Geologischen Gesellschaft (1973) und schliesslich die von O.F. Geyer (1974) gegebenen Erläuterungen.

In den oben erwähnten Arbeiten unterteilte ich die beiden Serien in je fünf «Horizonte», die in vorliegender Arbeit den Status von «Formationsglieder» erhalten.

Brinkmann et al. (1970) führen die lithostratigraphische Trennung der jungtertiären Schichtfolge von Soma in eine untere und eine obere Einheit nicht durch, obwohl sie von zwei Sedimentationszyklen (S. 22) sprechen. Sie übernehmen den Namen der von mir geprägten Horizonte, ersetzen jedoch die Bezeichnung «Horizont» mit «Folge».

Somit lässt sich die neogene Schichtfolge im Räume Soma in zwei Formationen unterteilen: in die «Soma-Formation» und in die «Deniř-Formation».

a. Soma-Formation

Den Namen erhielt die Formation von der Stadt Soma. Die Bohrung 631 (Koordinaten: x= 32 760.82, y= 52 451.36, z = 760.00) dient als Typus-Profil für die lithostratigraphische Charakterisierung der Soma-Formation (Abb. 3). Die Bohrung 631 liegt im Mumya-Tepe-Kompartiment (Sektor I, Abb. 2). Zusätzlich werden als Referenz-Profile die Ergebnisse anderer Bohrungen herangezogen.

Die Soma-Formation liess sich auf Grund ihrer lithologischen Ausbildung in fünf Formationsglieder unterteilen (Abb. 3):

Hangendes: Tegel-Glied (P1) (Deniř-Formation)
 Mittleres Lignit-Glied (k₂)
 Kalkstein-Glied (m₃)
 Mergel-Glied (m₂)
 Unteres Lignit-Glied (k1)
 Basal-Glied (m1)

Liegendes: Grundgebirge (paläozoische Kalke oder mesozoische Kalksteine).

i. *Basal-Glied* (m1). — Die Bezeichnung «Basal-Glied (m1)» will anzeigen, dass es sich stratigraphisch um den untersten Abschnitt der Soma-Formation handelt, denn das Basal-Glied liegt unmittelbar über dem Grundgebirge (s. Profil 609 in Abb. 3 und Profil 401 in Abb. 4).

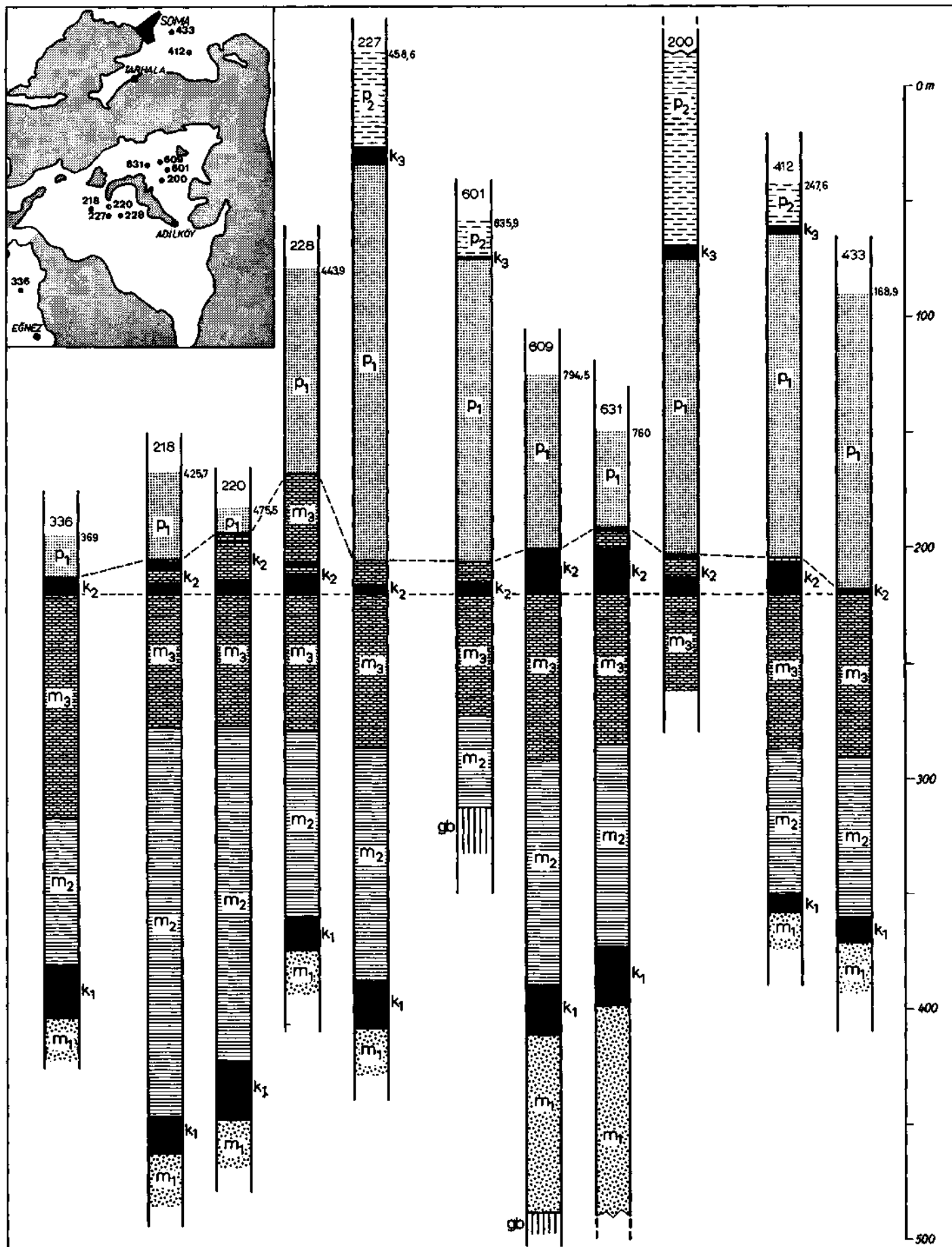


Abb. 3 - Bohrprofile durch die Soma-Formation und Deniz-Formation. Die Lage der einzelnen Bohrpunkte ist dem beigefügten Übersichtskärtchen zu entnehmen. gb = Grundgebirge; m₁ = Basal-Glied; k₁ = Unteres Lignit-Glied; m₂ = Mergel-Glied; m₃ = Kalkstein-Glied; k₂ = Mittleres Lignit-Glied; p₁ = Sand-Ton-Glied; p₂ = Tuff-Mergel-Glied. Die Zahlen an der rechten Seite der Bohrprofile geben die Höhenlage (bezogen auf den Meeresspiegel) der Bohrpunkte an. Im Übersichtskärtchen ist das vorneogene Grundgebirge gepunktet, das Neogen weiss dargestellt.

Lithologisch lässt sich das Basal-Glied (m_1) folgendermassen charakterisieren: Der untere Abschnitt (jener der gleich über dem Grundgebirge liegt) besteht aus Blockschutt oder Grobschottermassen. Stellenweise sind die Schotter zu einem Konglomerat verfestigt. Nach oben zu nimmt das Korn allmählich ab. So dominieren im mittleren Abschnitt des m_1 -Gliedes Schotter in Wechsellagerung mit Sanden oder Tonen. Im oberen Abschnitt überwiegen feinklastische Sedimente (Sande und Tone). Auch erscheinen die ersten Kohlschmitzen, die in vertikaler Richtung immer häufiger auftreten, so dass sie einen Übergang zu dem darüberliegenden Lignit-Glied (k_1) herstellen.

Als Typus-Lokalität für den unteren Abschnitt des m_1 -Gliedes kann das Gebiet des Yarıdibi Tepe sowie der Ostabschnitt des Mumya Tepe (s. geolog. Karte, Tafel I, sowie Profil A-B und G-H der Tafel III) angegeben werden. Dort tritt über dem Grundgebirge ein Blockschutt auf, der sich besonders gut im Pınarlık Dere (nördlich des Tavşanalı Tepe) studieren lässt. Der Schutt setzt sich aus mächtigen, kaum gerundeten, überkopfgrossen Blöcken zusammen, die dem darunterliegenden Grundgebirge entstammen. Womöglich handelt es sich hierbei zum Teil um einen fossilen bzw. begrabenen Hangschutt, der das einstige vorneogene Relief bedeckte.

Gut aufgeschlossen ist der untere Abschnitt des Basal-Gliedes (m_1) auch nördlich des Bakırçay, und zwar bei Evciler (s. geolog. Karte, Tafel II). Er besteht dort zuunterst aus einem Blockschutt (Foto 3), dessen nur schwach gerundete Komponenten mitunter überkopfgrosse Dimensionen erreichen können. Der Blockschutt stammt aus dem nachbarlichen Grundgebirge (Grauwacken). Darüber folgen Konglomerate mit gut gerundeten Komponenten und graue Sandsteine.

Der mittlere und obere Abschnitt des Basal-Gliedes (m_1) kann lithologisch an Hand des Typus-Bohrprofils 631 (Abb. 4), sowie zusätzlich mit Hilfe der Referenz-Bohrprofile 206, 219, 220 und 401 (Abb. 4) typisiert werden. Bohrung 631 durchteufte das m_1 -Glied in einer Mächtigkeit von rund 129 m. Davon wurden die zwei oberen Drittel (85 m), d.h., der mittlere und obere Abschnitt des m_1 -Gliedes gekernt. Bohrung 631 erreichte das Grundgebirge in 377 m Tiefe (im Profil 631 der Abbildungen 3 und 4 nicht dargestellt). Das Grundgebirge selbst wurde auf einer Strecke von 30 m erbohrt.

Überwiegend klastische Gesteine prägen demnach die lithologische Zusammensetzung des mittleren und oberen Abschnittes des m_1 -Gliedes. Es wechsellagern harte, blaugraue Sandsteine oder Sande mit grauen, sandigen Mergeln und grauen Tonen. An der Erdoberfläche ergeben diese Gesteine zumeist rostbraun oder blaugrau gefärbte Verwitterungsprodukte, die dem m_1 -Glied in Ausbissen eine bunte Färbung verleihen.

Im oberen Abschnitt des Basal-Gliedes (m_1) treten kohlenhaltige Tone sowie Kohlschmitzen auf. In vertikaler Richtung nehmen die Kohlschmitzen an Zahl und Stärke zu, wodurch sie einen kontinuierlichen Übergang zum unteren Lignit-Glied (k_1) herstellen. Infolgedessen lässt sich die Oberkante des Basal-Gliedes (m_1) nicht scharf festlegen. Sie wurde konventionell dort gezogen, wo die erste bauwürdige Kohlenbank des unteren Lignit-Gliedes (k_1) auftritt (s. Bohrung 206 und 220, Abb. 4). Diese Abgrenzung liess sich jedoch nicht immer durchführen (s. z. B. Bohrung 401, Abb. 4).

Die Mächtigkeit des Basal-Gliedes ist Schwankungen unterworfen. Diese Schwankungen erklären sich einerseits aus den Reliefunebenheiten des vorneogenen Grundgebirges, andererseits sind sie, wie wir noch sehen werden, tektonisch bedingt. Da das Bohrprogramm rein wirtschaftlich ausgerichtet war, wurden die Bohrungen zumeist im oberen Abschnitt des Basal-Gliedes eingestellt. Nur einige Bohrungeadrängen bis zum Grundgebirge vor, wobei z.T. gemeisselt wurde. In diesen Bohrungen schwankt die Mächtigkeit des Basal-Gliedes (m_1) zwischen 50 m und 200 m.

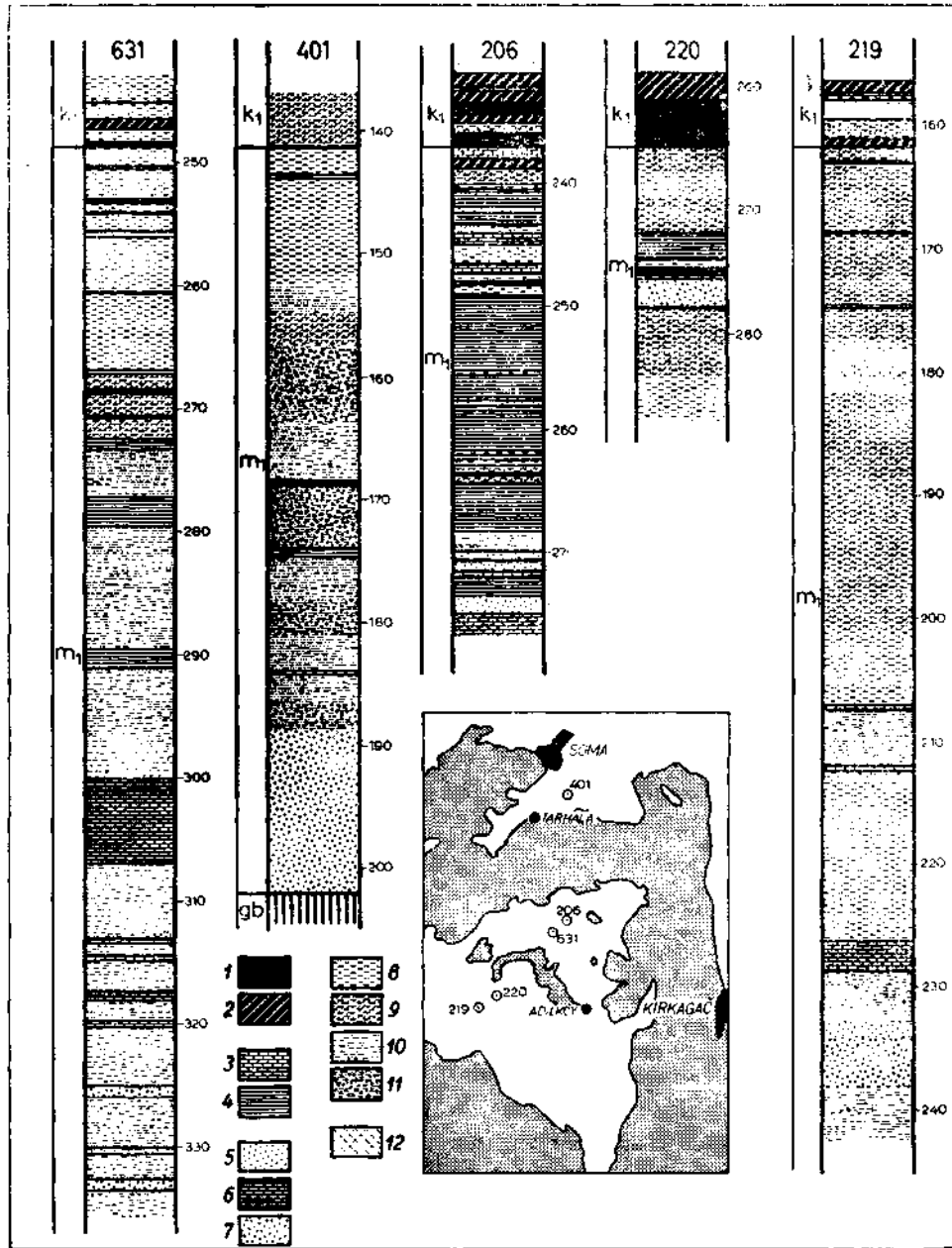


Abb. 4 - Lithologische Zusammensetzung des Basal-Gliedes (m_1) in Bohrprofilen. Die geographische Lage der Bohrpunkte ist dem beigefügten Übersichtskärtchen zu entnehmen. 1 = reine Kohle(bzw. Kohlschmitzen); 2 = unreine Kohle; 3 = Kalkstein; 4 = Mergel; 5 = Sand; 6 = Sandstein; 7 = Schotter bzw. Konglomerat; 8 = Ton; 9 = kohlehaltiger Ton; 10 = sandiger Ton; 11 = sandiger Ton mit Geröllen; 12 = vulkanischer Tuff. Die Zahlen an der rechten Seite der Bohrprofile geben die Bohrtiefe in m an. Legende für das Übersichtskärtchen wie Abb. 3.

Im Südabschnitt des Neogengebietes von Soma beisst das Basal-Glied (m_1) in allen Kompartimenten mit Ausnahme des Soma-Kompartimentes (Sektor 4, Abb. 2) aus. Durch Bohrungen (z.B. 401, Abb. 4, sodann 412 und 433, Abb. 3) wurde das Basal-Glied in der Tiefe auch im Soma-Kompartiment nachgewiesen.

Im Nordabschnitt findet man Ausbisse des Basal-Gliedes (m_1) in den Kompartimenten Deniz, Kocaören und Kadinköy (s. Tafel II).

Brinkmann et al. (S. 12) meinen, dass die Basal-Folge (= m_1 -Glied) nur dort auftritt, wo die paläozoische Grauwacke das Liegende bildet. Auf Jura-Untergrund soll die Basal-Folge durchwegs fehlen. Dass dies nicht zutrifft, beweisen die Bohrungen 633 und 635, die beide mesozoischen Kalk als Grundgebirge erbohrten.

ii. Das Untere *Lignit-Glied* (k_1). — Als lithostratigraphische Einheit wurde das Untere Lignit-Glied erstmalig von mir (Nebert, 1959) unter der Bezeichnung «Unterer Flözhorizont km_2 bzw. «Unterer Lignit-Horizont km_2 » aufgestellt. Eine genaue lithologische Definition erfolgte damals nicht. Aus den Bohrergebnissen wurde lediglich der Schluss gezogen, dass sich in der Regel die Bauwürdigkeit auf die obere Hälfte, im günstigsten Fall auf die oberen zwei Drittel des k_1 -Lignit-Horizontes beschränkt.

Zwar beisst im südlichen Neogengebiet von Soma das Untere Lignit-Glied (k_1) an mehreren Stellen aus (z.B. Yardibi Tepe, Tavşanlı Tepe und Mumya Tepe, Tafel I), doch handelt es sich hierbei lediglich um stratigraphische Teilabschnitte oder Tagebaue (Foto 4 u. 5), die keinen Einblick in die lithologische Zusammensetzung des gesamten Gliedes gewähren. Zudem sind die Tagebaue von kurzer Lebensdauer, da sie dem Abbau zum Opfer fallen. Aus diesem Grund wurde für die lithologische Charakterisierung des k_1 -Gliedes das Typus-Bohrprofil 631 (s. Abb. 5) herangezogen. Bohrung 631 liegt im Mumya Tepe-Sektor. Als Referenz-Bohrprofile wurden je eines aus den übrigen Sektoren des südlichen Neogengebietes von Soma gewählt (Eğnez-Sektor: 336; Işıklar-Dere-Sektor: 227; und Soma-Sektor: 336; s. Lagekärtchen der Abb. 5).

In Abb. 5 sind auf der linken Seite des lithostratigraphischen Profils die Ergebnisse der Immediatanalyse profilmässig dargestellt. Durchgehend wurde der Asche- und Wassergehalt (bezogen auf die roh-Substanz) bestimmt. Die flüchtigen Bestandteile (roh) und C-fix (roh) wurden nur bei qualitativ guten Kohlen ermittelt. Auf der rechten Seite des lithostratigraphischen Profils ist der Heizwert (bezogen auf die roh-Substanz) zu sehen.

Im Typusprofil der Bohrung 631 (Abb. 5) wurde das Untere Lignit-Glied (k_1) in einer Mächtigkeit von etwa 25 m durchteuft. Berücksichtigt man das an den Bohrkernen gemessene Schichteinfallen von 20°-25°, so lässt sich die wahre Mächtigkeit mit rund 23 m berechnen. In den drei Referenzprofilen ist die Mächtigkeit des k_1 -Gliedes geringer. So wurde das k_1 -Glied in Bohrung 227 in einer Mächtigkeit von etwa 20 m durchteuft. Das Schichteinfallen im gezogenen Kern betrug im Durchschnitt 40°. Daraus ergibt sich als wahre Mächtigkeit rund 15 m. In Bohrung 336 wurde die wahre Mächtigkeit mit 22,5 m und in Bohrung 417 mit 17,5 m bestimmt.

Das Untere Lignit-Glied (k_1) entwickelt sich allmählich aus dem Basal-Glied (m_1), und zwar durch Zunahme der kohligten Substanz in vertikaler Richtung. Dadurch lässt sich, wie bereits erwähnt, keine scharfe Grenze zwischen den beiden lithostratigraphischen Gliedern ziehen. Die Unterkante des k_1 -Gliedes wurde konventionell dort festgelegt, wo die kohlige Substanz eindeutig überhandnimmt.

Die lithologische Zusammensetzung des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) ist unregelmässig und starken Schwankungen unterworfen. Im oberen und mittleren Abschnitt dominiert die kohlige Substanz. Sie ist durch eine feste, harte und pechschwarze Glanzkohle vertreten. Da der Aschengehalt der Kohle zumeist zwischen 10 % und 20 % liegt, handelt es sich hierbei um eine unreine Kohle. In diesem oberen und mittleren Abschnitt des k_1 -Gliedes, bildet die Kohle Bänke, die Stärken von mehreren Metern erlangen, und die zumeist durch cm-dicke tonige Zwischenmittel getrennt sind (Foto 4 u. 5). Die tonigen Kohlenlagen bzw. die kohlehaltigen Tonlagen führen stellenweise massenhaft flachgedrückte Planorbis-Gehäuse. Interessant ist das Auftreten einer 25 cm bis 50 cm starken, weissen vulkanogenen Tufflage, etwa 1,5 m bis 3 m unter der Oberkante des k_1 -Gliedes (Bohrung 631, Abb. 5). Petrographisch (Bestimmung: P. de Wijkerslooth und K. Markus) handelt es sich hierbei um einen Glastuff, der aus einer z.T. fluidaltexturierten Glasmatrix besteht, in der Mineralfragmente von Plagioklas, Quarz und Biotit stecken. In Bohrung 219 (Abb. 4) erscheint eine ähnliche Tufflage im unteren Abschnitt des k_1 -Gliedes. Das Auftreten dieser Tufflagen innerhalb des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) ist insofern auffallend, als sich sonst im gesamten Bereich der Soma-Formation keine vulkanogenen Produkte nachweisen lassen.

Die untere Hälfte (zuweilen auch nur das untere Drittel) des k_1 -Gliedes zeigt eine Wechsellagerung von meterstarken Kohlenbänken mit gleichstarken Zwischenmittellagen (Bohrung 631, Abb. 5). Es handelt sich hierbei um eine stark verunreinigte Kohle, mit einem Aschengehalt, der grösser als 20 % ist. Als Zwischenmittel treten Ton oder kohlenhaltiger Ton auf.

In einem gesonderten Abschnitt dieser Arbeit werden die brennstoffchemischen, physikalischen und technologischen Eigenschaften der Kohle des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) eingehender beschrieben.

Die Oberkante des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) ist scharf gegen das darüberliegende Mergel-Glied (m_2) abgesetzt (Foto 4).

Im Işıklar-Dere-Kompartiment (2, Abb. 2) beisst das k_1 -Glied an mehreren Stellen (z.B. am Yardibi Tepe) aus. Das Referenz-Profil der Bohrung 227 (Abb. 5) zeigt, dass die lithologische Zusammensetzung des k_1 -Gliedes zwar nicht identisch mit jener des Typus-Profiles (Bohrung 631) ist, doch sind zweifelsohne Ähnlichkeiten vorhanden.

Das Gleiche gilt für das Untere Lignit-Glied (k_1) des Eğnez-Kompartiments (3, Abb. 2). Das k_1 -Glied beisst auch hier südwestlich des Elek Tepe aus und wird an mehreren Stellen abgebaut. Das betreffende Referenz-Profil (Bohrung 336, Abb. 5) zeigt im lithologischen Aufbau des k_1 -Gliedes nur geringe Abweichungen.

Im Soma-Kompartiment (4, Abb. 2) treten Ausbisse des k_1 -Gliedes an mehreren Stellen auf. An jenen Stellen, wo es abgebaut wird, ist das k_1 -Glied tektonisch äusserst gestört. Das Referenz-Profil der Bohrung 417 (Abb. 5) unterscheidet sich vom Typus-Profil hauptsächlich durch die geringe Mächtigkeit des k_1 -Gliedes. Der lithologische Aufbau ist ansonsten ähnlich jenem des Typus-Profiles (Bohrung 631).

Im nördlichen Neogengebiet von Soma beisst das Untere Lignit-Glied (k_1) zunächst an zwei Stellen etwa 1 km südöstlich der Ortschaft Evciler zu beiden Seiten des Keçikkaya Dere aus (s. Tafel II). Im Rahmen eines Kleinbetriebes wurde die Kohle abgebaut. Die Mächtigkeit des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) beträgt bei Evciler etwa 15 m. Davon sind im ganzen 4 m bauwürdig, wobei sich die Bauwürdigkeit auf zwei, etwa 2 m starke Kohlenbänke beschränkt. Die beiden Kohlenbänke sind durch kohlenhaltige Zwischenmittel voneinander getrennt. Die

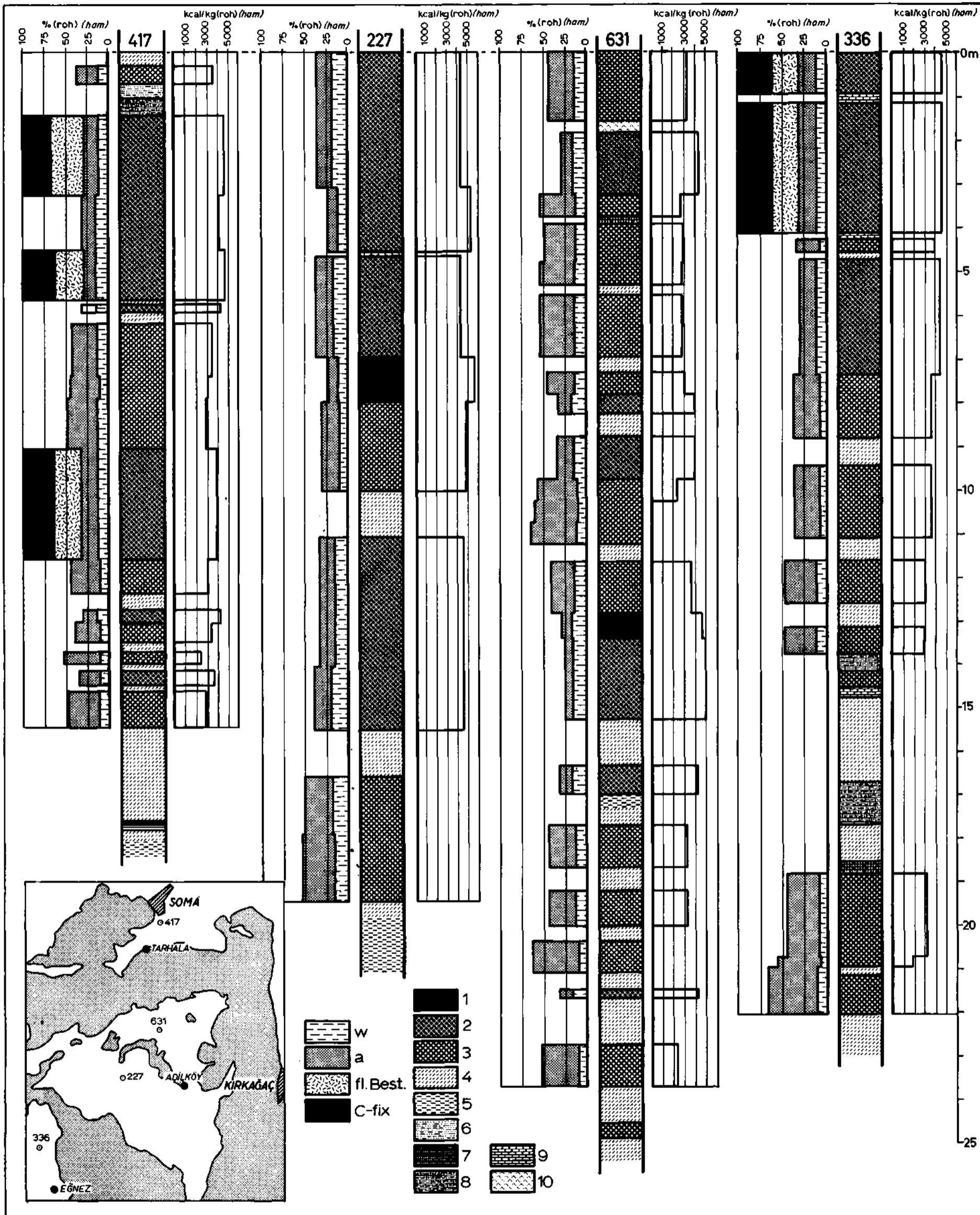


Abb. 5 - Lithologische Zusammensetzung des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) in Bohrprofilen. Die geographische Lage der einzelnen Bohrpunkte ist dem beigefügten Kärtchen (linke untere Ecke) zu entnehmen. Legende für die Immediatanalyse (bezogen auf die roh-Substanz): w = Wasser; a = Asche; fl. Best. = Flüchtige Bestandteile; C - fix = Kohlenstoff. Legende für das lithologische Profil: Reine Kohle ($a < 10\%$); 2 = unreine Kohle ($a = 10\%$ bis 20%); 3 = stark verunreinigte Kohle bzw. Brandschiefer ($a > 20\%$); 4 = kohlehaltiger Ton; 5 = Ton; 6 = sandiger Ton; 7 = Sandstein; 8 = Mergel; 9 = Kalkstein; 10 = vulk. Tuff. Die Oberkante des k_1 -Gliedes liegt bei Bohrung 417 in einer Tiefe von 185,90 m, bei Bohrung 227 in einer Tiefe von 401,85 m, bei Bohrung 631 in einer Tiefe von 223,40 m und bei Bohrung 336 in einer Tiefe von 186,50 m. Legende für das Übersichtskärtchen s. Abb. 3.

Qualität der abgebauten Kohle ist analog lener aus dem südlichen Neogengebiet von Soma. Es ist eine pechschwarze und feste Glanzkohle mit einem Heizwert, der zwischen 3500 und 4500 kcal/kg liegt. Im Liegenden des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) treten Tone, kohlenhaltige Tone und Sande auf, die bereits dem Basal-Glied (m_1) angehören. Bei Evciler geht das über dem Grauwacken-Grundgebirge liegende Basal-Glied (k_1) allmählich in das Untere Lignit-Glied (k_1) über.

Nördlich der Ortschaft Deniz existiert eine Anzahl aufgelassener Stollen, deren Unrentabilität auf die intensive Tektonisierung des k_1 -Gliedes zurückzuführen ist. Über die stark gestörten Lagerungsverhältnisse dieses Gebietsabschnittes wird im tektonischen Abschnitt berichtet.

Kurz zusammenfassend lässt sich das Untere Lignit-Glied (k_1) folgendermassen typisieren: Zwar entwickelt sich das kx -Glied allmählich aus dem darunterliegenden Basal-Glied (m_1), wodurch die Grenze zwischen beiden Einheiten zumeist konventionell festgelegt werden muss, doch bildet das k_1 -Glied eine abgrenzbare und selbstständige lithostratigraphische Unter-einheit innerhalb der Soma-Formation. Der untere Abschnitt des k_1 -Gliedes besteht aus einer Wechsellagerung von stark verunreinigter Kohle und kohlehaltigen Zwischenmitteln (Ton, Mergel, Kalkstein). Im mittleren und oberen Abschnitt des k_1 -Gliedes überwiegt die Kohle, wobei mehrere meterstarke Kohlenbänke auftreten. Zwischen dem Unteren Kohlen-Glied (k_1) und dem darüberfolgenden Mergel-Glied (m_2) besteht eine scharfe Grenze. Für das südliche Neogengebiet von Soma kann die Mächtigkeit des k_1 -Gliedes mit rund 20 m angegeben werden. Davon sind etwa 50 % bis 75 % bauwürdig. Im nördlichen Neogengebiet ist die Mächtigkeit des Unteren Kohlen-Gliedes (k_1) geringer. Die Bauwürdigkeit ist auf etwa 4 m reduziert.

iii. Mergel-Glied (m_2). — Brinkmann et al. vereinigen das Mergel-Glied (m_2) mit dem darüberfolgenden Kalkstein-Glied (m_3) und beschreiben flüchtig beide Untereinheiten unter dem Namen «Mergel-Kalk-Folge». Zwar gehen beide Untereinheiten unmerklich ineinander über, trotzdem behalte ich ihre getrennte Ausscheidung auf den geologischen Karten (Tafel I und II) bei, weil erstens ihre Trennung im Gelände ziemlich genau durchführbar ist und weil zweitens durch diese Trennung auch die Darstellung des geologischen Baues an Deutlichkeit gewinnt.

Wie bereits erwähnt, ist die Grenze zwischen dem Unteren Lignit-Glied (k_1) und dem darüberfolgenden Mergel-Glied (m_2) ziemlich scharf ausgebildet, denn die Mergel setzen unvermittelt über dem k_1 -Glied ein. Sie liegen entweder direkt über einer Kohlenbank oder aber über einer kohlenhaltigen Tonlage, die stratigraphisch noch zum k_1 -Glied gehört.

Im Gegensatz zum Basal-Glied (m_1) ist das Mergel-Glied (m_2) auf weite Strecken hin lithologisch äusserst uniform und homogen ausgebildet. Es besteht aus ungebankten oder dickgebankten bis plattigen, harten, dichten und festen Mergeln, die frisch angeschlagen eine blaugraue, verwittert hingegen eine helle Farbe aufweisen. An einigen Fundpunkten treten massenhaft Frucht- und Blattabdrücke auf. Auf sie soll noch bei der Besprechung des Alters der Soma-Formation näher eingegangen werden. An diesen Fundpunkten sind auch Süsswassermollusken zu beobachten.

Die Grenze zwischen dem m_2 -Glied und dem darüberfolgenden Kalkstein-Glied (m_3) wurde auf der geologischen Karte konventionell festgelegt, weil, wie oben erwähnt, ein kontinuierlicher Übergang zwischen den beiden lithostratigraphischen Gliedern besteht. Dieser Übergang vollzieht sich jedoch innerhalb weniger Meter.

Die Mächtigkeit des Mergel-Gliedes (m_2) beträgt im Typusprofil der (Bohrung 631 Abb.3) etwa 90 m. In anderen Bohrungen ist die Mächtigkeit geringer (Bohrung 412 und 433, Abb.3) oder grösser (Bohrung 218 und 220, Abb. 3). Im Durchschnitt kann die Mächtigkeit des Mergel-Gliedes (m_2) für das südliche Neogengebiet mit 100 m festgelegt werden.

Im südlichen Neogengebiet von Soma kommt das Mergel-Glied (m_2) zunächst im Gebiet des MumyaTepe (Tafel I, Sektor I), des Işıklar Dere (Sektor 2) und westlich des ÇamlıcaTepe (Sektor 3) vor. Sodann findet man die m_2 -Mergel auch am Nordabhang der Soma Dağları, dort allerdings in tektonisch stark gestörter Lagerung.

Im nördlichen Neogengebiet von Soma trifft man die Mergel des m_2 -Gliedes im Kayrikalti-Kompartiment (Tafel II und Abb. 2, Sektor 7), im Kocaören-Kompartiment (Sektor 6) und im Deniz-Kompartiment (Sektor 5) an. Schliesslich sind die m_2 -Mergel noch östlich von Evciler (Tafel II und Abb. 2, Sektor 8) aufgeschlossen.

Die lithostratigraphische Charakterisierung des Mergel-Gliedes (m_2) lässt sich folgendermassen zusammenfassen: Lithologisch homogen ausgebildete, blaugraue, dichte und feinkörnige Mergel setzen das im Durchschnitt 100 m mächtige m_2 -Glied zusammen. Die Unterkante des m_2 -Gliedes ist scharf ausgebildet. Seine Oberkante wurde konventionell festgelegt, denn zwischen dem Mergel-Glied (m_2) und dem darüberfolgenden Kalkstein-Glied (m_3) besteht ein kontinuierlicher Übergang, der sich indessen innerhalb weniger Meter vollzieht.

iv. Kalkstein-Glied (m_3). — Das Kalkstein-Glied (m_3) und das Mittlere Lignit-Glied (k_2) müssten eigentlich als eine einzige Untereinheit der Soma-Formation besprochen werden, denn das k_2 -Glied gelangte noch innerhalb des oberen Abschnittes des Kalkstein-Gliedes (m_3) zur Ablagerung (s. Bohrung 228, Abb. 3). Aus praktischen Gründen werde ich die Kalksteinfolge und die in ihr eingelagerte Kohlenfolge als selbstständige lithostratigraphische Untereinheiten der Soma-Formation gesondert besprechen. Dabei wird die Grenze zwischen beiden Formationsgliedern an die Unterkante des Mittleren Lignit-Gliedes (k_2) gesetzt (s. Abb. 3).

Es wurde bereits erwähnt, dass sich das Kalkstein-Glied (m_3) allmählich aus dem Mergel-Glied (m_2) entwickelt, so dass die Grenzziehung zwischen beiden Einheiten konventionell erfolgte. Der lithologische Aufbau des m_3 -Gliedes ist ziemlich einheitlich. Es handelt sich in der Hauptsache um einen gut gebau- ten oder geschichteten, mürben Kalkstein, der frisch angeschlagen von hellweisser Farbe ist. Angewitterte Flächen sind ausgesprochen rau und haben eine schmutzig-gelbe Farbe. Brinkmann et al. erwähnen noch knollige Algenkalke, Oolithkalke und plattige Schillkalke, die im Bereich des ehemaligen Beckenrandes auftreten sollen.

Im Gegensatz zum Mergel-Glied (m_2) führt das Kalkstein-Glied reichlich tierische Fossilien, in der Hauptsache Süsswasser-Gastropoden.

Die durchschnittliche Mächtigkeit des Kalkstein-Gliedes (m_3) kann mit 50-60 m festgelegt werden (Abb. 3).

Überall dort, wo das Mergel-Glied (m_2) aufgeschlossen vorliegt, ist auch das Kalkstein-Glied (m_3) vorhanden. Dementsprechend hat das Kalkstein-Glied (m_3) sowohl im nördlichen als auch im südlichen Neogengebiet von Soma eine bemerkenswerte Verbreitung.

Zusammenfassend lässt sich das Kalkstein-Glied (m_3) als eine in lithologischer Hinsicht ziemlich homogen aufgebaute, im Durchschnitt 50-60 m starke Untereinheit der Soma-Formation typisieren. Der fossilführende, mürbe und helle Kalkstein entwickelt sich aus dem darunterliegenden Mergel-Glied (m_2). Die Oberkante des m_3 -Gliedes wurde konventionell an die Unterkante des Mittleren Lignit-Gliedes (k_2) gesetzt.

v. Mittleres Lignit-Glied (k_2). — Vorhin wurde gezeigt, dass das Mittlere Lignit-Glied (k_2) eigentlich dem oberen Abschnitt des Kalkstein-Gliedes (m_3) angehört. Aus praktischen Gründen hatte ich es aber unter der Bezeichnung «Mittlerer Lignit-Horizont km_3 » als selbstständige Untereinheit aufgestellt (Nebert, 1959). Die Grenze zwischen den beiden Formationsgliedern k_2 und m_3 wurde an die Unterkante des Mittleren Lignit-Gliedes (k_2) gesetzt.

Zwischen der Soma-Formation und der darüberfolgenden Deniz-Formation besteht eine Diskonformität (Erosionsdiskordanz). Ihr entspricht eine Trockenlegungsphase mit einem Paläorelief. Das Paläorelief dürfte nicht sehr akzentuiert gewesen sein. Dennoch kommt es in Abb. 3 gut zum Ausdruck. Während der Trockenlegungsphase fiel der obere Abschnitt des Kalkstein-Gliedes (m_3) und mit ihm ein Teil des Mittleren Lignit-Gliedes (k_2) der Abtragung zum Opfer. Aus diesem Grund tritt das Mittlere Lignit-Glied entweder als eine zusammengesetzte Kohlenfolge auf, die dem oberen Abschnitt des m_3 -Gliedes eingelagert ist. Dieser Fall wird von Bohrung 228 (Abb. 3) illustriert. In dieser Bohrung ist der obere Abschnitt des m_3 -Gliedes wahrscheinlich in seiner ursprünglichen Mächtigkeit erhalten geblieben. Oder das Mittlere Lignit-Glied (k_2) erscheint als selbstständige Einheit zwischen dem Kalkstein-Glied (m_3) und dem Tegel-Glied (p_1), wie dies bei den Bohrungen 336 und 433 (Abb. 3) zu sehen ist. In diesem Fall wurde der gesamte obere Abschnitt des m_3 -Gliedes abgetragen. Schliesslich kann das Mittlere Lignit-Glied (k_2) ganz fehlen, da es während der erwähnten Trockenlegungsphase der Erosion zum Opfer fiel. Als Beispiel hierfür sei Bohrung 207 angeführt. Zwischen diesen drei Fällen können alle Übergänge auftreten, wie dies aus Abb. 3 deutlich hervorgeht.

Im Typusprofil der Soma-Formation (Bohrung 631, Abb. 6 und 7) treten innerhalb des oberen Abschnittes des m_3 -Gliedes ein Unterflöz, ein mittleres Flöz und ein Oberflöz auf. Diese Flöze sind durch sterile Partien (Kalke, Mergel und Tone) von verschiedener Mächtigkeit voneinander getrennt.

Eine wirtschaftliche Bedeutung kommt lediglich dem Unterflöz des k_2 -Lignit-Gliedes zu. Es erreicht eine durchschnittliche Mächtigkeit von 6 m und besteht aus einzelnen bis zu 2 m starken Kohlenbänken, die durch verschiedenstarke Zwischenmittel (Kalke, Mergel, sandige Tone, kohlehaltige Tone etc.) voneinander getrennt sind. Die auftretenden Kohlenbänke zeigen gute Beschaffenheit. Ihre pechschwarze Glanzkohle ist von harter und fester Konsistenz und erreicht Heizwerte von über 4000 kcal/kg (bezogen auf die Rohkohle, s. Profil 631, Abb. 6). Auch in den Referenz-Profilen 220 und 601 (Abb. 6) zeigt das Unterflöz des k_2 -Lignit-Gliedes eine in wirtschaftlicher Hinsicht gute Zusammensetzung. Die einzelnen Kohlenbänke sind im untersuchten Neogengebiet jedoch nicht überall aushaltend und beständig, denn sowohl in seitlicher als auch in vertikaler Richtung treten Vertaubungen auf, wodurch die Kohlen an Qualität verliert bzw. durch kohlehaltige Zwischenmittel ersetzt wird.

Das mittlere Flöz hat zwar im Bohrprofil 631 (Abb. 6) eine Mächtigkeit von ca. 1 m mit einer guten Glanzkohle, deren Heizwert bei 3500 kcal/kg liegt, doch keilt es in lateraler Richtung aus oder wird durch kohlehaltiges Nebengestein ersetzt (s. z.B. Profil 336).

Im Typusprofil 631 ist das Oberflöz des k_2 -Lignit-Gliedes noch vorhanden und erreicht eine Mächtigkeit von über 1 m (Abb. 6). Auch die feste und pechschwarze Kohle hat z.T. gute Eigenschaften (Heizwert ca. 3500 kcal/kg). Im allgemeinen wurde jedoch das Oberflöz des k_2 -Lignit-Gliedes abgetragen, so dass es nur noch in wenigen Bohrungen, wie beispielsweise im Referenz-Profil der Bohrung 220 (Abb. 7), auftritt.

Als Zwischenmittel bzw. als Nebengestein treten sowohl kohlehaltige Kalksteine (7, in Abb. 6; 6 in Abb. 7) bzw. kohlehaltige Mergel (9, in Abb. 6) als auch kohlegebänderte Kalksteine (7, in Abb. 6; 7, in Abb. 7) auf. Beim kohlegebänderten Kalkstein handelt es sich um

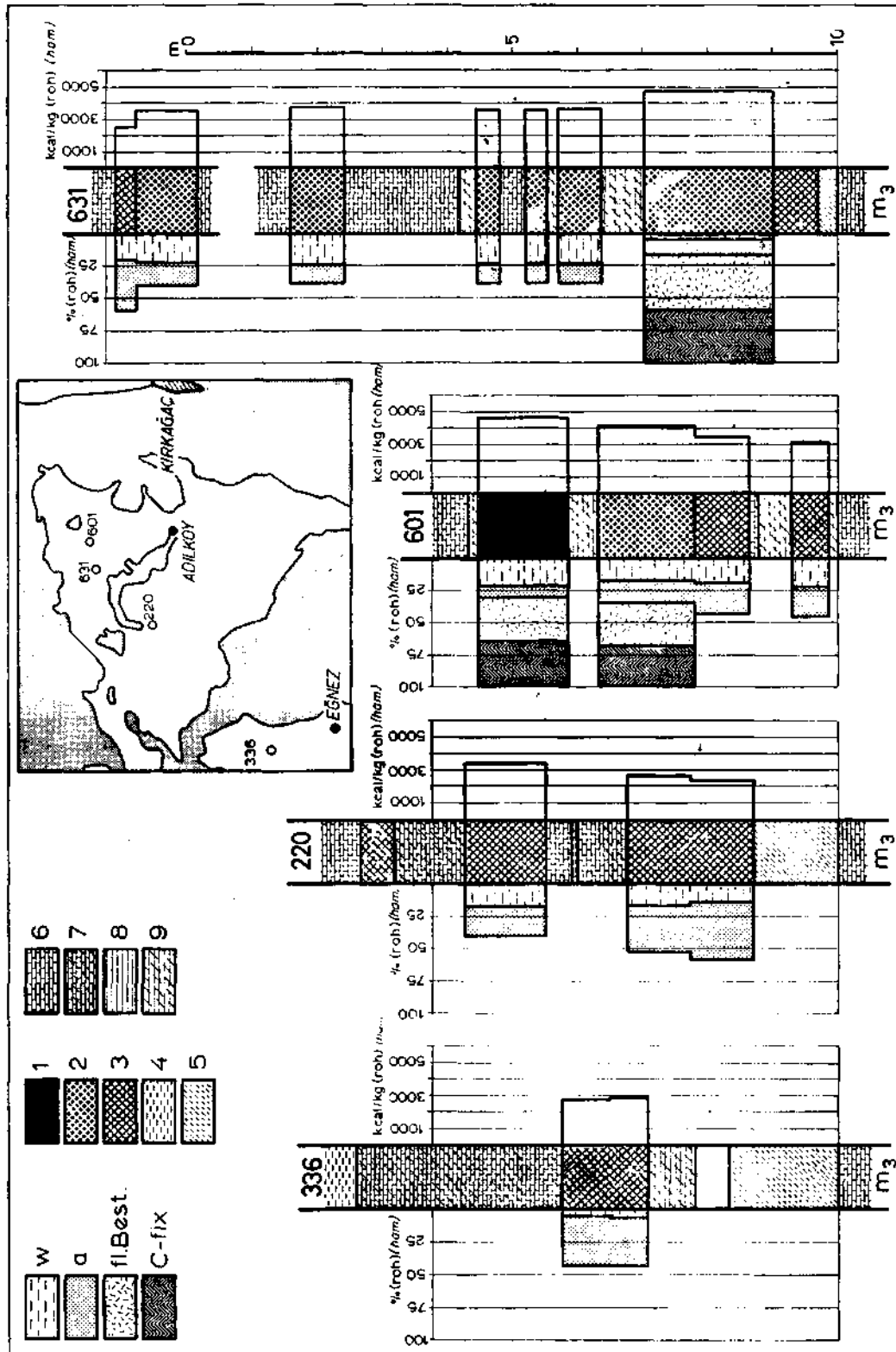


Abb. 6 - Lithologische Zusammensetzung des Mittleren Lignit-Gliedes (k_2) in Bohrprofilen. Das beigefügte Kärtchen enthält die geographische Lage der betreffenden Bohrpunkte (Grundgebirge punktiert, neogenes Deckgebirge weiss). Legende für die Immediatanalyse s. Abb. 5. Legende für das lithologische Profil: 1 = reine Kohle ($a < 10\%$); 2 = unreine Kohle ($a = 10\% - 20\%$); 3 = stark verunreinigte Kohle bzw. Brandschiefer ($a > 20\%$); 4 = Ton; 5 = kohlehaltiger Ton; 6 = Kalkstein; 7 = kohlehaltiger bzw. kohlenhänderter Kalkstein (Wechselfagerung von cm-starken Kalkstein- und Kohlelagen); 8 = Mergel; 9 = kohlehaltiger Mergel.

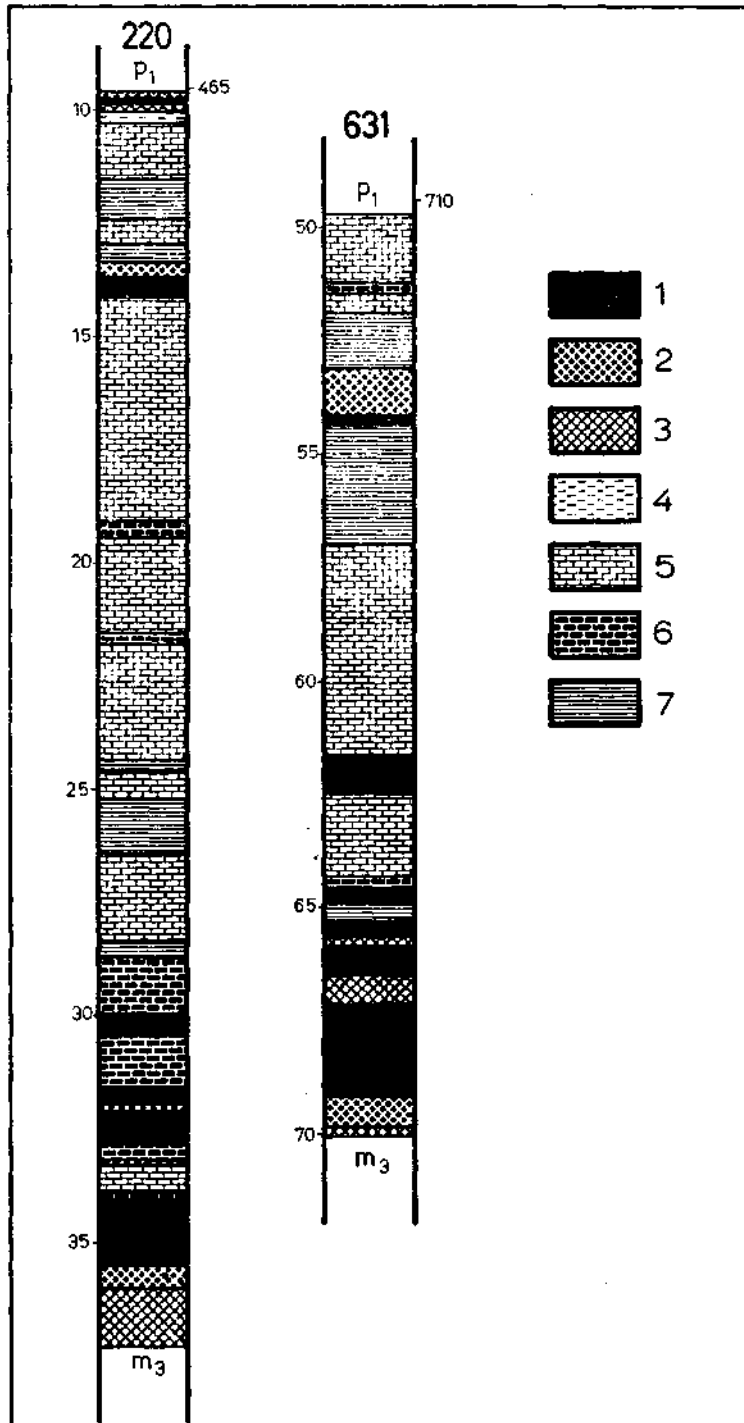


Abb. 7 - Lithologische Detailprofile des oberen Abschnittes des Kalkstein-Gliedes (m_3) sowie des Mittleren Lignit-Gliedes (k_2) in den Bohrungen 220 und 631. 1 = makroskopisch reine Kohle; 2 = makroskopisch unreine Kohle; 3 = kohlehaltiger Ton; 4 = Ton; 5 = reiner Kalkstein; 6 = kohlehaltiger Kalkstein; 7 = kohlegebänderter Kalkstein (Wechselagerung von cm-starken Kalkstein- und Kohlelagen). Die Zahlen an der rechten Seite der Profile geben die Tiefenlage bezogen auf den Meeresspiegel an, jene an der linken Seite der Profile stellen die Bohrtiefe in m dar.

eine Wechsellagerung von cm-starken Kalklagen und cm-starken Kohleschmitzen. Solche Wechsellagerungen können in verschiedenen stratigraphischen Niveaus des k_2 -Lignit-Gliedes auftreten, wie dies aus den Profilen 220 und 631 der Abb. 7 ersichtlich ist. Sie sind der Ausdruck von Oszillationbewegungen, die im obersten Abschnitt der Soma-Formation schliesslich zu der mehrfach erwähnten Trockenlegungsphase des gesamten Neogengebietes führten.

Sofern es von der Abtragung verschont geblieben ist, kommt das Mittlere Lignit-Glied (k_2) in allen Kompartimenten des südlichen Neogengebietes von Soma vor. Eine bauwürdige Bedeutung hat das k_2 -Lignit-Glied jedoch nur im Mumya-Tepe-Kompartiment (1, Abb. 2) sowie im Işıklar-Dere-Kompartiment (2, Abb. 2). Im Eğnez-Kompartiment (3, Abb. 2) ist das k_2 -Lignit-Glied auf zwei Kohlenbänke reduziert (Bohrung 336, Abb. 6), deren obere Bank eine Mächtigkeit von über 1 m erreicht. Der Rest des Mittleren Lignit-Gliedes (k_2) besteht aus kohlehaltigem Ton und kohlehaltigem Kalkstein. Das Lignit-Glied (k_2) führt reichlich plattgedrückte Planorbis-Arten. Auch im Soma-Kompartiment (4, Abb. 2) tritt das k_2 -Lignit-Glied auf, jedoch besteht es dort lediglich aus tonigem Lignit und kohlehaltigem Ton mit häufigen, grossen, plattgedrückten Planorbis-Arten.

Die Übereinstimmung der Schichtfolge der Soma-Formation im Südabschnitt des Neogengebietes von Soma mit jener des Nordabschnittes geht so weit, dass im Nordabschnitt auch das k_2 -Lignit-Glied als lithostratigraphische Einheit vorhanden ist. So tritt das k_2 -Glied im Sektor Kadıncık (8, Abb. 2) im oberen Abschnitt des Kalkstein-Gliedes (m_3) in Form von tonigen Lignitlagen mit tonigen Zwischenmitteln auf. Seme Ausbisse findet man entlang des Weges, der von Soma kommend, nach dem Dorf Evciler führt, sowie in einem N-S verlaufenden Taleinschnitt in der Nähe dieses Dorfes. Ferner erscheint das k_2 -Lignit-Glied auch im Deniz-Kompartiment (5, Abb. 2). Dort wird es von einer 0,5 bis 1 m starken, braungefärbten und kohlehaltigen Tonlage mit cm-dünnen Kohleschmitzen vertreten.

»». *Das Alter der Soma-Formation.*— Auf Grund von pflanzlichen (Blattabdrücken) und tierischen Fossilien stuft Kleinsorge (1940 und 1941) die neogene Schichtfolge von Soma ins untere und mittlere Miozän ein. Die von mir aufgesammelten fossilen Süsswassermollusken, vor allem aber das fossile Pflanzenmaterial in Form von Blattabdrücken und Früchten haben diese Einstufung bestätigt. Die Mollusken stammen aus dem Kalkstein-Glied (m_3). Das fossile Pflanzenmaterial wurde dem Mergel-Glied (m_2) entnommen.

Der Erhaltungszustand der fossilen Molluskenfauna war im allgemeinen schlecht, so dass bis auf eine einzige Artbestimmung lediglich generische Bestimmungen durchgeführt werden konnten (Bestimmung Dr. Lütfiye Erentöz):

Ancylus sp.

Corbicula sp.

Lymnaea sp.

Paludina sp.

Planorbis sp.

Planorbis aff. *cornu mantelli* (Dunker)

Unio sp.

Der Gesamtcharakter dieser Fauna spricht für Miozän. *Planorbis* aff. *cornu mantelli* (Dunker) ist für das mittlere bis obere Miozän charakteristisch.

Demgegenüber war der Erhaltungszustand der fossilen Pflanzen zum Teil sehr gut (Foto 6), so dass auch viele Artbestimmungen vorgenommen werden konnten (Bestimmung: Prof. Dr. Recep Egemen und Utarit Bilgütay). Tabelle 2 bringt in alphabetischer Reihenfolge die auf-

Tabelle - 2

	Bozkurt	Bükköy	Deniş	Mumya	Tarhala tepe
Acer sp.					1
Acer trilobatum A. Br.	1				8
Apocynophyllum sp.	1		1		50
Apocynophyllum cf. helveticum Heer					1
Betula cf. prisca Ett.					1
Buxus sp.					5
Carya cf. serraefolia Goepf.					1
Castanea sp.			1		
Castanea atavia Ung.					1
Ceratonia sp.					1
Ceratonia emarginata A. Br.					4
Cercis sp.					2
Cinnamomum sp.	1		1		21
Cinnamomum polymorphum Heer			3		13
Cinnamomum scheuchzeri Heer			1		135
Corylites sp.		7			1
Corylus cf. avellana L.					1
Dryophyllum sp.		13			4
cf. Equisetum sp.			1		
Eucalyptus sp.					9
Fagus sp.					5
Fagus cf. aspera Ung.					2
Fagus feroniae Ung.					4
Fagus ferruginea Ait.			1		6
Ficus sp.					20
Ficus cf. arcinervis Heer					4
Ficus cf. tiliaefolia Heer					4
Glyptostrobus sp.			1		1
Glyptostrobus europaeus (Ett.) Heer		1	5	1	57
Ilex sp.			2		3
Juncus sp.					5
Laurophyllum sp.		3	3		190
Laurophyllum princeps (Heer) Kr. We. .			2		9
Magnolia sp.			3		1
Magnolia ludwigi Ett.			5		2
Morus cf. rubra L.	1				
Myrica sp.			1		12
Myrica lignitum (Ung.) Sap.		1	5		41
Nerium sp.		2			20
Olea sp.		1	3		23
Pinus sp.		1	2		5
Pinus palaeostrobus (Ett.) Heer		2			4
Pinus cf. pinaster L.			2		
Pinus cf. taeda L.			1		
Planera sp.		4			3
Planera (Zelkova) ungeri Heer	1		4		3
cf. Platanus aceroides Goepf.					1
Podagonium sp.					3
cf. Podagonium knorrii Heer					1
Populus sp.		4			1
Populus latior A. Br.			1		3
Populus mutabilis Heer		4			5
Quercus sp.	2	3			5
Quercus cf. aspera Ung.		1	1		2
Quercus cf. buchi Heer					2
Quercus cf. neriifolia A. Br.					2
Quercus oligodonta Sap.					3
Robinia sp.		4	3	1	20
Robinia regeli Heer					4
Sagittaria cf. victor-masoni Ward.		1			
Salicites sp.			1		
Salix sp.					15
Salix varians Goepf.					11
Sapindus sp.			2		7
Sapindus cf. falcifolia A. Br.					2
Sideroxylon sp.			1		
Sideroxylon salicites (Web.) Wld.			1		1
Taxodium sp.			1		
Taxodium distichum Rich.			1	1	
Tilia sp.					1
Ulmus sp.					2
Ulmus carpinoideus Goepf.				1	1
cf. Ulmus longifolia Ung.					1

gesammelten Gattungen und Arten. Das fossile Pflanzenmaterial stammt sowohl aus dem nördlichen Neogengebiet (Lokalitäten: Bozkurt, Bükköy und Deniz) als auch aus dem südlichen Neogengebiet (Mumya Tepe im Kompartiment I, und Lokalität Tarhala im Kompartiment 4, Abb. 2). Besonders die Fundstelle bei dem Dorf Tarhala lieferte ein reiches Material. Insgesamt wurden dort 776 Fossilreste aufgesammelt, womit eine gesicherte Grundlage für die Beurteilung der Zusammensetzung der damaligen Flora gegeben ist. Statistisch dominiert die Gattung *Laurophyllum*, die mit 25,6 % ein Viertel des gesamten aufgesammelten Pflanzenmaterials von Tarhala ausmacht. Der Anteil von *L. princeps* beträgt 1,2 %. An zweiter Stelle folgt die Gattung *Cinnamomum* mit 21,9 %. *C. scheuchzeri* hat einen Gesamtanteil von 17,4 % und *C. polymorphum* von 1,7 %. Die dritte Stelle nehmen ein: *Glyptostrobus europaeus* mit 7,2 %, *Apocynophyllum* mit 6,6 % und *Myrica lignitum* mit 5,3 %. Einen geringeren Anteil in der Zusammensetzung der fossilen Flora von Tarhala haben die Gattungen: *Fagus* 2,2 %, *Ficus* 3,6 %, *Nerium* 2,6 %, *Olea* 3,0 %, *Pinus* 1,9 %, *Populus* 1,2 %, *Robinia* 3,1 % und *Salix* 3,4 % (*Salix varians* 1,4 %). Schliesslich ist *Acer trilobatum* mit 1 % beteiligt.

Nach Prof. Dr. Egemen sind die untersuchten fossilen Pflanzenreste die Vertreter einer typisch miozänen Braunkohlenflora, wie sie von vielen Fundpunkten Mittel- und Südosteuropas bekannt geworden ist. Er stuft die Flora ins Unter- bis Mittelmiozän ein und sagt, sie sei charakteristisch für eine kontinental-limnische Fazies. *Juncus* und *Planera* lieben schlammige, seichte Seen. Die folgenden Arten sind indikativ für ein tropisches bis subtropisches Klima:

Cinnamomum scheuchzeri Heer
Cinnamomum polymorphum Heer
Myrica lignitum (Ung.) Sap.
Eucalyptus sp.
Laurophyllum princeps Heer
Magnolia ludwigi Ett.
Ficus sp.
Nerium sp.
Apocynophyllum sp.
Olea sp.

Für ein gemässigttes Klima sprechen die Arten bzw. Gattungen:

Ulmus carpinooides Goepp.
Fagus aspera Ung.
Quercus buchi Heer
Acer trilobatum A. Br.
Buxus sp.
Salix varians Goepp.
Tilia sp.
Populus latior A. Br.
Robinia sp.
Cercis sp.
Ceratonia emarginata A. Br.
Glyptostrobus europaeus (Heer) Kr. Weyl.
Pinus palaeostrobis Heer

Statistisch gesehen, dominieren somit die tropischen und subtropischen Vertreter, womit ein warmes Klima für die damalige Zeit angenommen werden muss.

In den Jahren 1955 bis 1969 wurde in der Türkei im Rahmen der Technischen Hilfe der BRD und in Zusammenarbeit mit dem M.T.A.-Institut in Ankara ein umfassendes Prospektions- und z.T. auch Explorationsprogramm durchgeführt (Alpan & Lüttig 1971, Becker-Platen 1970, und Benda 1971a). Becker-Platen (1970 und 1971) erarbeitete für die kontinentale Schichtfolge des südwestanatolischen Neogens ein Standardprofil, bestehend aus 4 lithostratigraphischen Einheiten, das in der Folge von Benda (1971a und 1971b) pollenanalytisch untermauert wurde. Die von Becker-Platen aufgestellten Einheiten lassen sich, z.T. mit faziellen Unterschieden, auch in anderen Teilen Anatoliens nachweisen. Im Standardprofil von Becker-Platen tritt zwischen den limnischen-fluviatilen Turgut-Schichten (Torten) und den konkordant darüberfolgenden limnischen Sekköy-Schichten (Sarmat + unterstes Pliozän) ein Kohlenflöz auf, mit dem in Westanatolien unter anderem auch das Untere Kohlenflöz von Soma zu korrelieren wäre (Becker-Platen 1971 und Steffens 1971). Nach dieser Korrelation hätte das Untere Lignit-Glied (k_1) von Soma ein obertortonisches bis untersarmatisches Alter. Auch nach Benda (1971a und 1971b) liegt das Hauptflöz von Soma (k_1 -Lignit-Glied) im Grenzbereich der Turgut- zu den Sekköy-Schichten. Es wird durch das Pollenbild von Eskihisar charakterisiert, das nach Benda altersmässig in das tiefere Obermiozän (Torton-tieferes Sarmat) einzustufen wäre.

Nach Brinkmann et al. wären die aus dem Unterflöz (k_1 -Lignit-Glied) entnommenen und pollenanalytisch von Benda untersuchten Proben «in das mittlere (bis höhere?) Miozän einzuordnen». Die von den gleichen Autoren angeführte Ostrakoden-Fauna ergibt ein tortonisches Alter für die Mergel-Kalk-Folge (= m_2 -Mergel-Glied und m_3 -Kalk-Glied).

b. Deniz-Formation

Die Deniz-Formation erhielt ihren Namen nach dem Dorf Deniz, das im nördlichen Abschnitt des Neogengebietes von Soma (s. Abb. 2 und Tafel II) liegt. In meinen Berichten (1959, 1960a, 1961) führte sie die Bezeichnung «obere Serie» mit dem lithostratigraphischen Symbol «p» (Pliozän). Ihre grösste Ausdehnung erreicht die Deniz-Formation im nördlichen Neogengebiet von Soma. Dennoch gebe ich als Typus-Profil ein Profil an, das im südlichen Neogengebiet, und zwar im Mumya-Tepe-Kompartiment (I, Abb. 2) liegt und etwa vom Mumya-Tepe in SSE-Richtung bis zur Ortschaft Adilköy (s. Tafel I und Profil A-B der Tafel III) verläuft. Der untere Abschnitt der Deniz-Formation wurde von mehreren Bohrungen durchteuft (s. z.B. Bohrung 200 in Abb. 3).

Die Deniz-Formation liess sich lithostratigraphisch in fünf Formationsglieder unterteilen:

Hangendes: z.T. quartäre Bildungen

Tuff-Agglomerat-Glied (p_4)

Kieselkalk-Glied (p_3)

Tuff-Mergel-Glied (p_2)

Oberes Lignit-Glied (k_3)

Sand-Ton-Glied (p_1)

Liegendes: Kalkstein-Glied (m_3) bzw. Mittleres-Lignit-Glied (k_2).

1. *Sand-Ton-Glied* (p_1)— Das Leitgestein des p_1 -Gliedes ist im südlichen Neogengebiet von Soma ein Tegel (=feinsandiger Ton). Aus diesem Grund wurde es erstmalig unter der Bezeichnung «Tegel-Horizont (p_1)» kartenmässig von mir ausgeschieden (Nebert, 1959). In einem zweiten Bericht (Nebert, 1960e), der die geologischen Verhältnisse des Mumya-Tepe-Kompartiments behandelt, führte ich das p_1 -Glied unter dem Namen «Sand-Ton-Horizont (P_1)», einer Bezeichnung, die auch von Brinkmann et al. übernommen wurde.

Stratigraphisch nimmt das p_1 -Glied den unteren Abschnitt der Deniř-Formation ein und ist, wie bereits erwähnt, von der unterlagernden Soma-Formation durch eine Erosionsdiskordanz (Diskonformität) getrennt. Aus diesem Grund kann das Liegende des p_1 -Gliedes entweder der m_3 -Kalkstein (z.B. Bohrung 228, Abb. 3) oder aber das Mittlere Lignit-Glied (k_2) sein (z.B. Bohrung 609, Abb. 3). Die obere Grenze des p_1 -Gliedes ist mit der Überlagerung des Oberen Lignit-Gliedes (k_3) gegeben (Bohrungen 200, 227 und 412, Abb. 3).

Im Typus-Profil des p_1 -Gliedes dominiert ein blaugrauer, glimmerreicher Tegel. An der Luft verwittert der Tegel mit einer rostbraunen Farbe. Im tieferen Abschnitt des Sand-Ton-Gliedes herrschen Grobsande vor oder es treten Kieslagen oder Schotterbänke auf. Die Quarzkomponenten dieser Lagen bzw. Bänke sind gut gerundet, überschreiten jedoch nie die Grosse einer Haselnuss. Im oberen Abschnitt des p_1 -Gliedes erscheinen Tone, die durch eine allmählige Zunahme von kohligem Substrat dem Übergang zum darüberliegenden Oberen Lignit-Glied (k_3) herstellen. Im Mumya-Tepe-Kompartiment (I, Abb. 2) haben fünf Bohrungen das P_1 -Glied in seiner ganzen Mächtigkeit durchteuft. Aus den Daten dieser fünf Bohrungen liess sich für das p_1 -Glied eine durchschnittliche wahre Mächtigkeit von 120 m berechnen. Seines mürben Gesteinscharakters zufolge bildet das p_1 -Glied im Gelände morphologisch sanfte und flachwellige Formen, die im deutlichen Gegensatz zu den meist steilwandigen Kalksteinbänken des m_3 -oder p_3 -Gliedes stehen.

In ähnlicher Ausbildung tritt das Sand-Ton-Glied (p_1) auch in den übrigen Kompartimenten des südlichen Neogengebietes von Soma auf. Doch erreicht es dort eine durchschnittliche Mächtigkeit von 150 m.

Im nördlichen Neogengebiet von Soma ist der lithologische Charakter des Sand-Ton-Gliedes (p_1) grobklastisch. Im Kadinköy-Kompartiment (8, Abb. 2) findet man das p_1 -Glied gut aufgeschlossen bei den Ortschaften Buyuk Guney und Kucuk Guney. Dort liegen seine grobklastischen Bildungen in Form eines fossilen Hangschuttes unmittelbar über dem Grundgebirge. Darüber folgen locker gelagerte Schotter mit gut gerundeten Komponenten, die dem Grundgebirge entstammen. Die Schotter gehen in graue bis rostbraune Sande bzw. in tonige glimmerreiche Sande über. Letztere schliessen mit plattigen Mergeln ab. Weiter sudstlich, bei der Ortschaft Evciler (Tafel II), liegen die Schotter und Sande des P_1 -Gliedes über dem Kalkstein-Glied (m_3) der Soma-Formation. Der Untergrund der Deniř-Formation wird somit von verschiedenartigen und verschiedenaltigen Formationen geliefert, was als ein Beweis für eine Trockenlagungsphase zwischen der Soma- und der Deniř-Formation gelten mag. Die Mächtigkeit des P_1 -Gliedes im Kadinköy-Kompartiment erreicht rund 100 m.

In den übrigen Kompartimenten (5, 6 und 7, Abb. 2 und Tafel II) des nördlichen Neogenabschnittes von Soma liegt das p_1 -Glied über einem fossilen Relief, das in die m_3 -Kalke eingeschnitten ist. Neben den üblichen Sanden treten im unteren Abschnitt des P_1 -Gliedes auch Fein- und Grobschotter auf. In den Schottern findet man mitunter als Komponenten Gesteinsmaterial (m_2 -Mergel und m_3 -Kalke) der Soma-Formation, was desgleichen auf die mehrfach erwähnte Trockenlagungsphase hinweist. Das p_1 -Glied erreicht in diesen Kompartimenten eine Maximalmächtigkeit von 150 m.

ii. Oberes *Lignit-Glied* (k_3). — An der Basis des Tuff-Mergel-Gliedes (p_2) liegt das Obere Lignit-Glied (k_3), das in meinen angeführten Berichten mit der Bezeichnung «Oberer Lignit-Horizont» (Nebert, 1959, 1960a) ausgeschieden wurde. Brinkmann et al. führen es unter dem Namen «Oberes Braunkohlenflöz». Im unmittelbaren Bereich des Typus-Profiles beisst das k_3 -Glied an mehreren Stellen aus (Tafel I). Es entwickelt sich aus dem p_1 -Glied durch Zunahme von kohligem Substrat. Die Unterkante des Oberen Lignit-Gliedes (k_3) wurde dort gesetzt, wo die erste Lignitbank auftrat.

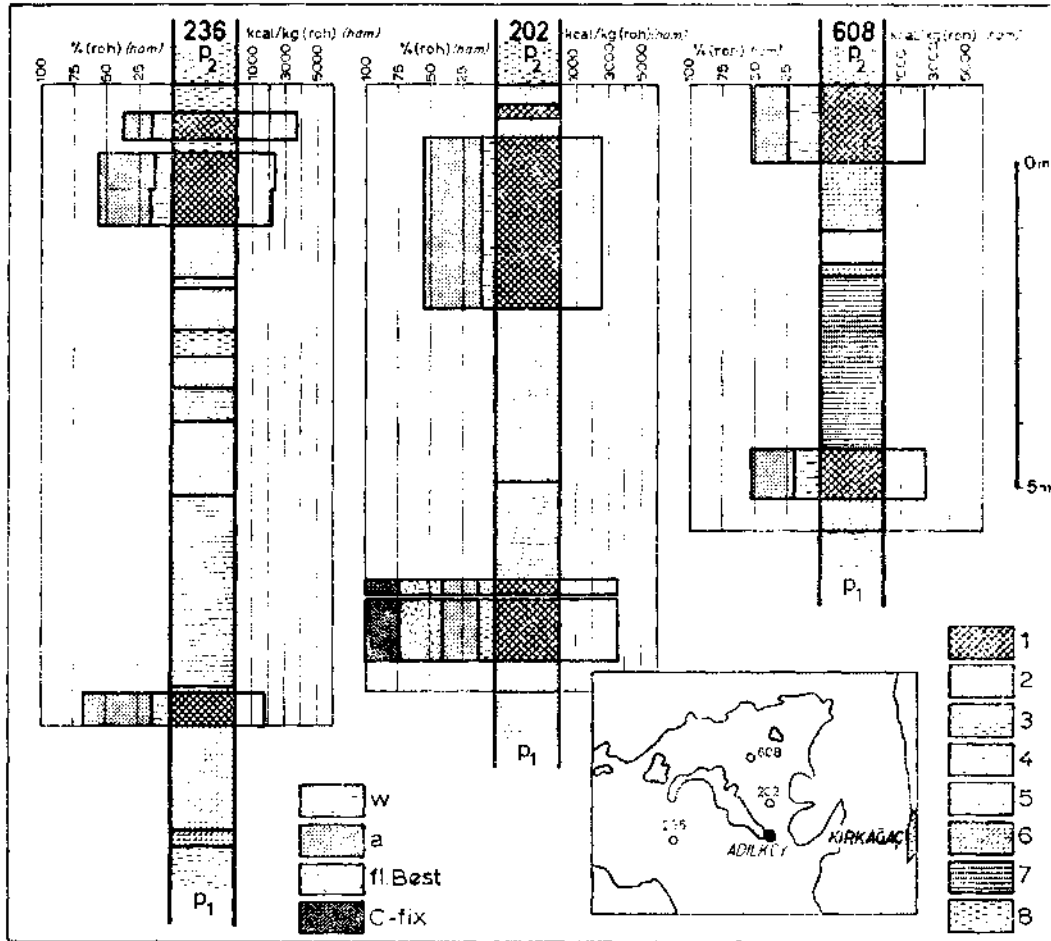


Abb. 8 - Lithologisches Detailprofil des Oberen Lignit-Gliedes (k₃) in den Bohrungen 202, 236 und 608 (geographische Lage der Bohrungen s. beigefügtes Kärtchen). Legende für die Immediatanalyse (bezogen auf die roh-Substanz): w = Wasser; a = Asche; fl. Best. = flüchtige Bestandteile; C-fix = fixer Kohlenstoff. Legende für das lithologisches Profil: 1 = unreine Kohle (a > 10 %); 2 = kohlehaltiger Ton; 3 = Ton; 4 = sandier Ton; 5 = Mergel; 6 = kohlehaltiger Mergel; 7 = Sand; 8 = Tuff. Die Oberkante des k₃-Gliedes liegt bei Bohrung 202 in einer Tiefe von 340,90 m (bzw. 335,70 m über dem Meeresspiegel), bei Bohrung 236 in einer Tiefe von 268,90 m (bzw. 153,57 m ü.d.M.) und bei Bohrung 608 in einer Tiefe von 26,45 m (bzw. 805,95 m ü.d.M.).

In den Bohrungen 202, 236 und 608 (Abb. 8) besteht das Obere Lignit-Glied (k_3) aus einer unteren, 0,5 m bis 1 m starken Kohlenbank, und aus einer oberen, 1 m bis 3 m starken Kohlenbank. Die beiden Kohlenbänke sind durch ein, bis zu 3 m mächtiges Nebengestein (Ton, kohleführender Ton, Mergel, kohleführender Mergel und Sand) voneinander getrennt. Wohl führt das k_3 -Lignit-Glied Bänke einer unreinen Kohle, deren Heizwert zwischen 2500 und 3500 kcal/kg liegt, dennoch hat es keine wirtschaftliche Bedeutung, denn seine Zusammensetzung ist weder aushaltend noch beständig. In horizontaler Richtung ist die Mächtigkeit der einzelnen Kohlenbänke sowie die Gesamtmächtigkeit des k_3 -Gliedes starken Schwankungen unterworfen. Oft ist das k_3 -Glied nur in Form von geringmächtigen kohlehaltigen Ton- oder Mergellagen zugegen, so dass man den Eindruck gewinnt, es handele sich um zahlreiche aneinandergereihte, linsenartige Kohlenlagen, die miteinander durch kohlehaltiges Nebengestein in Verbindung stehen. Nichtsdestoweniger kommt dem k_3 -Lignit-Glied die Bedeutung eines stratigraphischen Leithorizontes zu, denn es tritt in allen Kompartimenten des südlichen Neogengebietes von Soma stets im gleichen stratigraphischen Niveau auf, selbst dann, wenn es nur in Spuren als Kohlehaltiger Ton vertreten ist.

Im nördlichen Neogengebiet von Soma tritt das Obere Lignit-Glied (k_3) zunächst in Spuren im Kadmköy-Kompartiment (8, Abb. 2) auf. Es handelt sich hierbei um 1-2 m starke Lagen eines kohlehaltigen Tons, der dünne Kohlenschmitzen enthält. In dieser Form ist das k_3 -Glied bei dem Dorf Dualar, und zwar entlang des Weges, der von Dualar in das Tal des Yağlah Dere führt, aufgeschlossen.

Schliesslich beisst das Obere Lignit-Glied (k_3) an mehreren Stellen im Deniz-Kompartiment (5, Abb. 2 und Tafel II) aus. Es besteht dort aus dezimeterstarken Kohlelagen, die durch kohlehaltige tonige Zwischenmittel getrennt sind. Seine stratigraphische Position befindet sich eindeutig zwischen dem Sand-Ton-Glied (p_1) und dem Tuff-Mergel-Glied (p_2) (s. Tafel II). Etwa 2 km NE Deniz scheint das k_3 -Glied bauwürdige Partien gehabt zu haben, wie dies aus einem vorhandenen stillgelegten kleinen Grubenbau zu schliessen ist.

iii. *Tuff-Mergel-Glied* (p_2). — Mit scharfer Abgrenzung liegt das Tuff-Mergel-Glied (p_2) über dem Oberen Lignit-Glied (k_3) (s. Abb. 3 und Abb. 8). Seinen Namen erhielt es von den beiden Hauptgesteinskomponenten: Tuff und Mergel. In typischer Ausbildung tritt das p_2 -Glied in dem gewählten Typus-Profil «Mumya Tepe-Adilköy» auf. Eine ausgesprochen lithologische Heterogenität ist das Hauptmerkmal dieses Gliedes der Deniz-Formation. Seine Unterkante wird meistens von der Unterseite einer festen Tuffitbrekzienbank vorgezeichnet. U.d.M. besteht die Tuffitbrekzie aus Gesteinsfragmenten von vitrophyrischen Effusiva und Glasbruchstücken sowie aus Mineralfragmenten von Plagioklas (Oligoklas bis Andesin), Quarz und Biotit. Die Fragmente werden von Kalzit verkittet. Im unteren Abschnitt des p_2 -Gliedes herrschen dünngeschichtete helle Mergel vor. Die Schichtung ist stellenweise derart fein, dass wir die Mergel als «Papierschiefer» ansprechen können. Die Mergel führen oft massenhaft zumeist rundliche, zentimetergrosse Kieselprodukte, die entlang von Schichtfugen liegen. Der Soma-Formation fehlen derartige Kieselbildungen. Aus diesem Grund haben die an den Hängen herausgewitterten, z.T. verstreut herumliegenden Kieselbildungen den Wert von Leitfossilien. Wo wir sie finden, ist mit Sicherheit die Deniz-Formation, speziell das p_2 -Glied zugegen. Im mittleren Abschnitt des p_2 -Gliedes wechsellagern Tuffe und Tuffite mit hellen Mergeln. Im oberen Abschnitt nehmen Tuffe und Tuffite derart Überhand, dass sie die Alleinherrschaft antreten. Ihre Färbung ist hellgrau bis hellweiss. Zahlreiche Handstücke und Bohrkernproben wurden mikroskopisch untersucht (Bestimmung: de Wijkerslooth und Markus). Die zumeist feingeschichteten Glastuffe zeigen eine pyroklastische Textur. Sie bestehen aus Glasbruchstücken und untergeordnet aus Quarz, Orthoklas, Oligoklas und opaler Substanz. Die Glastuffe

haben einen ausgesprochen andesitischen Charakter. Bei den untersuchten Tuffiten liegen Mineralfragmente von Plagioklas, Orthoklas und Quarz sowie Gesteinsfragmente von vitrophyrischen Effusiva in einem Kalzitement.

Auch seitliche Verzahnungen zwischen Tuffen und Mergeln sind zu beobachten. Manchenorts treten innerhalb des p_2 -Gliedes auch reine Kalksteine auf. Sie spielen jedoch eine untergeordnete Rolle. Ferner tritt im oberen Abschnitt, in der Regel inmitten von Tuffen bzw. Tuffiten, ein Schotterzug auf. Seine Gerolle erreichen im Durchschnitt die Grosse einer Walnuss.

Mit 340 m brachte uns Bohrung 202 die grösste durchteufte Mächtigkeit des Tuff-Mergel-Gliedes (p_2) im Mumya-Tepe-Kompartiment (etwa 1 km nördlich Adilköy; s. Kompartiment I, Abb. 2 und Tafel I). Die wahre Mächtigkeit liess sich mit rund 300 m berechnen. Die Gesamtmächtigkeit des p_2 -Horizontes dürfte, wie im Räume nördlich des Bakırçay, bei 500 m liegen.

In den übrigen Kompartimenten des südlichen Neogengebietes von Soma ist das Tuff-Mergel-Glied (p_2) lithologisch desgleichen heterogen aufgebaut. Nur herrschen dort Tuffe und Tuffite in seinem unteren Abschnitt vor, während im oberen Abschnitt Mergel dominieren. Im Soma-Kompartiment (Abb. 2) beträgt seine Maximalmächtigkeit 340 m.

Nördlich des Bakırçay, in den Kompartimenten 5-8, nimmt das Tuff-Mergel-Glied (p_2) ausgedehnte Flächen ein. Es erreicht dort Maximalmächtigkeiten von 800 m.

Im Kadinköy-Kompartiment (8, Abb. 2) besteht der untere Abschnitt fast zur Gänze aus hellweissen Tuffen oder Tuffbrekzien (Foto 7). Bei den Tuffen handelt es sich überwiegend um Glastuffe (Bestimmung: de Wijkerslooth und Markus) mit pyroklastischer Textur. Kristallfragmente von Quarz, Orthoklas, Plagioklas (Andesin bis Oligoklas), Biotit und Glasbruchstücke sowie Fragmente von sauren, vitrophyrischen Effusiva setzen die Glastuffe zusammen. Sie haben einen ausgesprochen andesitischen Charakter. Der bedeutend mächtigere obere Abschnitt des p_2 -Gliedes wird im Kadmköy-Kompartiment von Mergeln, Kalkmergeln und mitunter Kalksteinen eingenommen. Tuffe oder sonstige pyroklastischen Gesteine spielen im oberen Abschnitt eine untergeordnete Rolle. Die Grenze zwischen Tuffen (p_2 , Tafel II) und Mergeln (p_2 , Tafel II) liess sich auch kartenmässig darstellen.

In den übrigen Kompartimenten (Deniş 5, Kocaören 6 und Kayrıkaltı 7, Abb. 2 und Tafel II) erscheinen im unteren Abschnitt des p_2 -Horizontes helle Mergel, während im oberen Abschnitt pyroklastische Gesteine (Tuffe, Tuffite, vulkanische Brekzien und Agglomerate) dominieren. Tuffe und Tuffite sind im Gelände durch ihre leuchtend weisse Farbe leicht zu identifizieren. Im oberen, pyroklastischen Abschnitt des p_2 -Gliedes ist eine Leitbank in Form einer vulkanischen Brekzie entwickelt. Dieselbe hat im Deniş-Kompartiment eine Mächtigkeit von 10-20 m. Im Kocaören-Gebiet erreicht die Bank bereits über hundert Meter. Dort treten neben vulkanischen Brekzien auch Agglomerate auf. Im Kayrıkaltı-Kompartiment erscheint die gleiche Leitbank als eine 400-500 m mächtige Agglomeratdecke mit gerundeten, überkopfgrossen Basaltkomponenten.

iv. Kieselkalk-Glied (p_3). — Das Kieselkalk-Glied (p_3) verdankt seinen Namen einem hellen, festen und äusserst harten Kalkstein, der massenhaft Kieselbildungen führt. Letztere durchsetzen den Kalkstein derart intensiv, dass innerhalb seiner Bänke oft reine Kieselagen von beachtlicher Stärke auftreten. Im Gegensatz zum Tuff-Mergel-Glied (p_2), wo die Kieselprodukte mehr oder weniger isoliert und lose im Sedimentverband stecken und herausgewittert an den Hängen verstreut herumliegen, sind die Kieselbildungen des p_3 -Gliedes innigst mit dem Kalkstein verwachsen. Die Farbe der Kieselprodukte ist zumeist dunkelgrau bis schwarz.

Ich bezweifle, dass die Kieselsäure dieser Kieselbildung allein durch eine Roterdeverwitterung entstanden ist, wie dies Brinkmann et al. annehmen. Viel eher ist die Bildung der Kieselsäure auf eine vulkanische und postvulkanische Tätigkeit zurückzuführen. Dafür spricht folgende Tatsache: Während der Sedimentation der Soma-Formation herrschte das gleiche tropische bis subtropische Klima in diesem Gebiet wie bei der Ablagerung der Deniř-Formation. Die Bedingungen für eine weitgehende Roterde-Verwitterung waren somit auch während der Sedimentation der Soma-Formation gegeben. Trotzdem fehlt der Soma-Formation jegliche Art von Kieselbildungen. Demgegenüber existierte während der Ablagerung der Deniř-Formation ein reger Vulkanismus, der die Tuffe des Tuff-Mergel-Gliedes (p_2) erzeugte. Mit dem p_2 -Glied setzt unvermittelt auch die Bildung von Kieselprodukten ein. Es muss somit ein genetischer Zusammenhang zwischen Tuff- und Kieselsäurebildung sein.

Im südlichen Neogengebiet von Soma kommt das Kieselkalk-Glied (p_3) in Form eines Streifens zwischen Adilköy und Çiftlikköy (Tafel I) vor. Im Westen grenzt dieser p_3 -Streifen an die junge Basaltmasse des Karatařlık Tepe, von der er durch eine Störung abgesetzt ist. Vereinzelt tritt das p_3 -Glied westlich der Ortschaft Dereköy auf. In den konstruierten Profilen erreicht das p_3 -Glied eine Mächtigkeit von 200-300 m. Im Soma-Kompartiment (4, Abb. 2) trifft man das p_3 -Glied in tektonisch abgesunkenen und keilförmig ins Grundgebirge eingeklemmten Kleinschollen westlich der Ortschaft Tarhala (Tafel I) an.

Im nördlichen Neogengebiet von Soma hat das Kieselkalk-Glied (p_3) eine grössere Verbreitung. Auch dort handelt es sich um einen hellweissen und harten Kalkstein, der reich an milchweissen bis hellgrauen, opalartigen Kieselbildungen ist. Im Deniř-Kompartiment (5, Abb. 2 und Tafel II) nimmt das p_3 -Glied stets die hohen Bergrücken und Kuppen ein. Die durchschnittliche Mächtigkeit des p_3 -Gliedes beträgt im nördlichen Neogengebiet etwa 250-300 m.

v. *Tuff-Agglomerat-Glied* (p_4). — Dieses Glied, von Brinkmann et al. als «Brockentuff-Folge» bezeichnet, schliesst im südlichen Neogengebiet von Soma die Schichtfolge der Deniř-Formation ab. Wie schon der Name besagt, besteht das p_4 -Glied aus Tuffen und Agglomeraten, die vor allem im Eđnez-Kompartiment (3, Abb. 2 und Tafel I) in Form von Erosionsresten auftreten. Die einzelnen Komponenten der Agglomerate erreichen überkopfgrösse Dimensionen. Die Agglomerate und Tuffe stammen wahrscheinlich von den im Süden des Eđnez-Kompartimentes auftretenden Andesitmassen.

vi. *Das Alter der Deniř-Formation.* — Zwar führen die Schichtglieder der Deniř-Formation an vielen Stellen Makrofossilien, deren Erhaltungszustand ist jedoch äusserst schlecht, so dass zumeist nur die Gattung bestimmt werden konnte.

Unter den Planorbis-Formen, die bei dem Dorf Tarhala aus p_3 -Kalken aufgesammelt wurden, konnte ein Exemplar als *Planorbis corneus* (Linne) bestimmt werden (Bestimmung: L. Erentöz), womit ein pliozän-quartäres Alter für die Deniř-Formation wahrscheinlich gemacht wurde.

Aus dem Tuff-Mergel-Glied (p_2) des Eđnez-Kompartiments wurde folgende Fauna aufgesammelt (Bestimmung: L. Erentöz):

Bythinia sp.

Hydrobia sp.

Melanopsis sp.

Planorbis sp.

Pseudamnicola sp.

Pyrgula sp.

Theodoxus sp.

Theodoxus (Lalvertia) aff. licherdopodoli (Stefanescu)

Unio sp.

Theodoxus aff. licherdopodoli würde für Levantin sprechen.

Aus dem Kieselkalk-Glied (p_3) bei Dereköy (Tafel I) wurden folgende Formen aufgesammelt (Bestimmung: L. Erentöz):

Bythinia sp.

Hydrobia aff. vitrella (Stefanescu)

Pseudamnicola sp.

Pyrgula sp.

Hydrobia aff. vitrella ist für das Pont charakteristisch.

Auf Grund dieser spärlichen Fossilbestimmungen würde die Deniş-Formation ein pliozänes Alter haben. Die von Brinkmann et al. aufgesammelten Ostrakoden stellen das Tuff-Mergel-Glied (p_2) ins Unterpliozän (Pannon).

Die am Oberen Lignit-Glied (k_3) durchgeführten palynologischen Untersuchungen (Benda) ergaben ein Pollenbild, das etwas älter als das von Yatağan (Pannon s. str. = Pikermien) sein dürfte und als Einstufung «höchstes Miozän bis Plio­zän» ergeben würde (Brinkmann et al.), Benda (1971a und 1971b) korreliert das Pollenbild des Oberflözes (= k_3 -Lignit-Glied) von Soma mit jenem von Yeni Eskihisar, das für die Zeitspanne «höheres Obermiozän bis tieferes Plio­zän» charakteristisch ist.

Berücksichtigt man die Ergebnisse der Makrofossil-, der Ostrakoden- und Pollenbestimmungen, so geht man nicht fehl, wenn man der gesamten Deniş -Formation ein unterpliozänes Alter (etwa Pannon) zuschreibt.

3. QUARTÄR

Das Quartär der Umgebung von Soma besteht aus einer geschlossenen pleistozänen Schichtfolge und aus den holozänen Alluvionen.

a. Die pleistozäne Schichtfolge (q)

Das pleistozäne Schichtfolge kommt überwiegend nördlich des Bakırçay vor. Dort nimmt sie flächenmässig mehr als die Hälfte des Kadıncık-Kompartiments (8, Abb. 2 und Tafel II) ein. Ihr Gesteinsinhalt lässt sich von oben nach unten in drei Formationsglieder unterteilen:

- pleistozänes Kalk-Glied (q_2)
- pleistozänes Lignit-Glied (k_4)
- pleistozänes Basal-Glied (q_1)

i. Das pleistozäne *Basal-Glied* (q_1). — beginnt zuunterst mit locker gelagerten Schottern. Besonders gut lassen sich diese klastischen Sedimente in einigen Bahneinschnitten studieren, die zwischen der Bahnstation von Soma und der Ortschaft Kadıncıköy liegen. Die Komponenten bestehen zu 60 % aus gut gerundetem bis fauststarken Grauwackenmaterial und zu 40 % aus minder gerundeten, plattigen Mergelfragmentendes p_2 -Gliedes. Nach oben zu geht der Grobschotter in Feinschotter und schliesslich in Sand über. Gut aufgeschlossen ist dieser obere Abschnitt des q_1 -Gliedes in einem Hohlweg, der zu dem Dorf Sevisler führt. Hier zeigen die Feinschotter und die Sande eine typische Kreuzschichtung. Die kleinen Geröllkomponenten sind gut gerundet. Darunter findet man zahlreiche Kleinfragmente aus Mergel- und Kalkmaterial der *Deniř-Formation*.

Den Schotter- und Sandlagen des Basal-Gliedes (q_1) sind stellenweise Tuff- und Tuffitbänke zwischengeschaltet. Dies lässt sich gut in den oben erwähnten Bahneinschnitten zwischen Soma und Kadıncıköy beobachten.

Eine Mächtigkeit des Basal-Gliedes (q_1) der pleistozänen Schichtfolge lässt sich nicht angeben.

ii. Pleistozänes *Lignit-Glied* (k_4). — In den bereits erwähnten Bahneinschnitten beobachtet man zwischen den q_1 -Sanden und den darüber folgenden q_2 -Kalken dünne Kohlschmitzen, die offenbar die Spur eines Lignit-Gliedes (k_4) markieren.

iii. Das *Kalk-Glied* (q_2). — Bei den q_2 -Kalken handelt es sich um ein nur leicht verfestigtes, travertinartiges Gestein. In der mürben kalkigen Masse stecken kugelförmige oder längliche Gebilde, die ähnlich Pisolithen aus konzentrischen Kalkschalen aufgebaut sind. Ihre Grösse variiert zwischen der einer Haselnuss und jener eines Hühnerreis. Die länglichen Gebilde erreichen zuweilen die Grösse einer Zigarre. Bei den kleineren Gebilden findet man im Innern zumeist einen Quarz- oder Grauwackenkern. Die grösseren Pisolithe haben als Kern Kalk- und Mergelfragmente der *Deniř-Formation*. Diese konzentrisch struierten pisolithischen Gebilde können als charakteristisch für die pleistozänen Kalke gelten, denn weder in den Kalken der Soma-Formation noch in jenen der *Deniř-Formation* kommen derartige Gebilde vor.

Oft ist den Kalken auch ein vulkanogenes Tuffmaterial beigemischt. Gelegentlich lassen sich auch reine vulkanische Tufflagen beobachten. Grössere pleistozäne Tuffmassen kommen westlich von Dualar vor (Tafel II).

Die Lagerungsverhältnisse und die lithologische Beschaffenheit der q_2 -Kalke lassen sich sehr gut in zahlreichen Bahneinschnitten zwischen den Ortschaften Kadıncıköy und Beyce (Tafel II) studieren. Dort weisen die Schichten Kippungen bis zu 10° auf. Auch sind die Sedimente von zahlreichen Kleinverwerfern durchsetzt. In einem Einschnitt sammelte ich aus dem Kalk gut erhaltene *Melanopsis*-Arten auf.

Pleistozäne Ablagerungen kommen auch südlich des Bakırçay, und zwar zwischen Soma und Turgutalp (Tafel II) sowie westwärts von Turgutalp, vor. Beide pleistozänen Glieder sind dort zugegen, doch nimmt beim q_2 -Glied das tuffogene Material Überhand.

Die pleistozänen Bildungen liegen mit einer Erosionsdiskordanz über den Schichten der *Deniř-Formation* bzw. mit einer Winkeldiskordanz über dem Grauwacken-Grundgebirge (z.B. bei der Ortschaft Sevisler, Tafel II). Sie liegen somit über einem früheren Relief.

b. Holozäne Bildungen

Holozäne Bildungen treten als rezente Alluvionen und als Hangschutt auf. Die Alluvionen füllen die Ova des Bakırçay auf. Ferner trifft man sie entlang den Hauptentwässerungsadern, wie Yağcalı Çay, Bayat Dere und Akçay. Es handelt sich hierbei um lehmig - sandige Bildungen von gelblicher Farbe. Der Hangschutt umgibt in Form eines Saumes den Grundgebirgsrahmen. In besonders mächtiger Ausbildung findet man ihn im südlichen Neogenabschnitt von Soma, wo er beispielsweise am Nordfuss des Çamlıca Dağ einen breiten Saum einnimmt (Tafel I). Eine geringere Ausdehnung hat der Hangschutt am Nord- und Südfuss des Köşedağ sowie am Nordfuss des Sarıkaya Tepe (Tafel I).

4. VULKANISCHE GESTEINE

Vulkanische Gesteine treten sowohl südlich als auch nördlich des Bakırçay auf. Es handelt sich hierbei um Andesite und Basalte.

a. Die Andesite

Die Andesite sind die älteren Vulkanite. Man findet sie als ausgedehnte Massen im südwestlich, westlich und nordwestlich anschließenden Nachbargebiet, wo sie die höchsten Berggipfel (z.B. den Sarıtepe 935 m) aufbauen. Sie haben eine rötliche Farbe und eine dichte Grundmasse, in der Feldspat- und Biotiteinsprenglinge stecken. Die petrographische Bestimmung (de Wijkerslooth und Markus) einiger Handstücke aus diesem Gebiet ergab einen hypokristallinen porphyrischen Hyaloandesit. Seine Grundmasse zeigt eine vitrophyrische oder perlitische Textur und besteht aus Glas und feinen Plagioklasmikrolithen. Zuweilen ist die Grundmasse fluidal texturiert. Als Phenokristen treten Andesin, Hornblende, Augit und Biotit auf. Akzessorisch ist opake Substanz und Apatit vorhanden.

Altersmässig wäre die Hauptmasse der Andesite ins Pliozän zu stellen. Genetisch lassen sich die Tuffbildungen der Deniz-Formation mit diesen Andesiten in Verbindung bringen. Vermutlich erzeugte die vulkanische Tätigkeit nicht nur die Tuffe sondern, wie bereits erwähnt, auch die Kieselbildungen des Tuff-Mergel-Gliedes (p_2).

b. Basalte

Basalte kommen im südlichen Neogengebiet von Soma an zwei Stellen vor (Tafel I). Die grösste Basaltmasse befindet sich zwischen den Ortschaften Adilköy und Çiftlikköy. Es handelt sich hierbei um einen hypokristallinen-porphyrischen Olivinbasalt, dessen glasreiche Grundmasse aus Mikrolithen von Plagioklas, Augit, zersetztem Olivin und Erz besteht. Die feinen Plagioklasmikrolithen zeigen Fluidaltextur. Als Phenokristen wurden bestimmt: zu Serpentin zersetzter Olivin, Augit und Labrador (Bestimmung: de Wijkerslooth und Markus).

Ein zweites Vorkommen liegt im Bereich des Bintepe (südwestlich des Mumya Tepe, Tafel I). Dort überwiegen jedoch basaltische Tuffe, die ein völlig anderes Aussehen haben als die andesitischen Tuffe der Deniz-Formation. Während beispielsweise die Tuffe des Tuff-Mergel-Gliedes (p_2) ganz hell sind, haben die Basalttuffe stets eine dunkelgraue bis graugrüne Färbung. Stellenweise werden die Basalttuffe von Basaltergüssen überdeckt oder von Basaltstöcken durch-

setzt. Auch bei diesem Vorkommen handelt es sich um einen hypokristallin-porphyrischen Olivinbasalt, dessen Grundmasse aus feinen Plagioklas- und Augitmikrolithen besteht. Die Grundmasse enthält auch etwas Glas und ist von Erz durchstäubt. Als Phenokristen treten Olivin (z.T. in Serpentin, Iddingsit, Kalzit und Opal umgewandelt) sowie Augit auf. Stellenweise sind mandelartige Gebilde aus Kalzit und Opal zu sehen (Bestimmung: de Wijkerslooth und Markus).

Das Alter der Basalte lässt sich durch die erzeugten Kontakterscheinungen eindeutig festlegen. Besonders schön sind die Kontakterscheinungen am Basalt südlich von Adilköy. Am Südausgang von Adilköy ist zunächst ein Kontakt zwischen Basalt und den m_3 -Kalken zu sehen. Der Kalk ist im Bereich des Kontaktes gefrittet und zeigt eine schwarze Farbe. Dabei hat auch seine Härte und Festigkeit zugenommen. Ferner sind im Gebiet von Adilköy und des Bintepe durch das Aufdringen des Basaltes die Schichten des Tuff-Mergel-Gliedes (p_2) gestört, steilgestellt und gefrittet. Damit lässt sich das Alter des Basaltes mit «post-Deniş-Formation» festsetzen. Die Basaltausbrüche fanden wahrscheinlich im Oberpliozän bis Pleistozän statt.

Ihre grösste Verbreitung haben die vulkanischen Gesteine indessen im nördlichen Neogengebiet von Soma, und zwar in den Kompartimenten Deniş, Kozluören und Kayrikaltı (5, 6 und 7, Abb. 2 und Tafel II). Es handelt sich hierbei ausschliesslich um Basalte, die in verschiedenen Varietäten auftreten.

Ein grösserer Basaltstock befindet sich etwa 2 km NE des Dorfes Bayat (Deniş-Kompartiment, Tafel II). Dort baut er die Kuppen des Dededağı Tepe auf. Eine Apophyse ist im Tal, etwa 1 km nördlich von Bayat, zu sehen. Der Hauptstock besteht aus einem Andesinbasalt, den man auch als olivinführenden Andesit bezeichnen könnte. Unter dem Mikroskop sieht man eine glasreiche, eisenschüssige Matrix aus Plagioklasmikrolithen und Zersetzungsprodukten, in der Phenokristen von Plagioklas (Andesin) sowie von völlig zersetztem Olivin und Augit eingebettet sind.

Im Kozluören-Kompartiment treten vulkanische Gesteine an drei Stellen auf (Tafel II). Am interessantesten ist das Vorkommen am Çakmak Tepe, nordöstlich von Kozluören. Hier drang der Stock eines Basaltes in die Sedimente (m_2 -Mergel und m_3 -Kalkstein) der Soma-Formation ein und beeinflusste kontaktmetamorph besonders die m_3 -Kalksteine, die im unmittelbaren Kontaktbereich in zertrümmerte, hellgraue und mittelkörnige Marmore umgewandelt wurden. Der Çakmak-Stock wird von einem NE-SW streichenden Kontakthof von etwa 0,5 km Breite und 2 km Länge umgeben. Innerhalb des Kontakthofes sind die Sedimentgesteine der Soma-Formation zertrümmert und durch Kieselbildungen wieder verheilt. Die mikroskopische Untersuchung ergab einen Olivinbasalt. Dessen Matrix besteht aus Plagioklasleistchen, Augitmikrolithen, Glas und zersetztem Olivin. Die Matrix zeigt eine Intersertaltextur und ist von Erz durchstäubt. In der Matrix stecken Phenokristen von Augit, serpentinisierendem und iddingsitisierendem Olivin sowie Plagioklas (Labrador bis Bytownit).

Etwas weiter östlich vom Basalt des Çakmak Tepe befindet sich inmitten der m_2 -Mergel und umgeben von einem kleinen, kieselreichen Kontakthof ein zweiter kleiner Basaltstock. Die mikroskopische Bestimmung ergab einen olivinreichen melanokraten Basalt (Pikritbasalt). Seine stark alterierte (kalzitisierte) Matrix besteht aus Plagioklas- und Augitmikrolithen sowie aus Erz und Glas. Phenokristen von Augit und zersetztem (iddingsitisierendem, serpentinisierendem und kalzitisiertem) Olivin liegen in der Matrix eingebettet.

Das dritte Basaltvorkommen in dem gleichen Kompartiment liegt etwa 2 km SE von Kozluören. Hier liess sich kein Kontakthoffeststellen. Petrographisch wurde das Gestein als

Basalt bestimmt. Unter dem Mikroskop erkennt man Phenokristen von Augit und serpentinisiertem Olivin, die in einer glashaltigen Matrix aus Plagioklas- und Augitmikrolithen sowie aus Erz eingebettet sind.

Bei dem Dorf Dualar, im Kadinköy-Kompartiment (Tafel II), kommt eine kleine Basalt-Kuppe vor. Der Basalt zeigt eine prismatische Absonderung. Hierbei handelt es sich um einen dichten, holokristallin-porphyrischen Olivinbasalt, der unter dem Mikroskop eine Intersertal-textur aufweist. Die Grundmasse besteht aus Plagioklasleistchen, die von Augit und Erz verkittet sind. Als Phenokristen treten Olivin (z.T. in Iddingsit umgewandelt) und Augit auf. Stellenweise führt der Basalt Mandeln aus Kalzit. Kleinere Basaltgänge kommen im Grundgebirge nördlich von Dualar vor.

Das Alter dieser Basalte lässt sich desgleichen mit jungpliozän-quartär angeben. jedenfalls sind die Basalte jünger als die miozäne Soma-Formation (Kontakterscheinungen), aber auch jünger als das Tuff-Mergel-Glied (p₂) der Deniz-Formation, denn die Schichten dieses Gliedes zeigen im unmittelbaren Bereich des vulkanischen Stockes von Bayat gestörte Lagerungsverhältnisse, die zweifelsohne durch das Emporsteigendes basaltischen Magmas erzeugt wurden.

5. SCHLUSSBETRACHTUNGEN ÜBER DIE NEOGEN-QUARTÄREN SEDIMENTE UND VULKANITE

Unterwirft man die beiden neogenen Schichtfolgen und die quartären Ablagerungen im Räume Soma einer lithologischen Analyse, so gelangt man zu interessanten Ergebnissen hinsichtlich der Ausbildung, der Sedimentation und des Sedimentationsraumes dieser Schichtfolgen. Zunächst fällt die zyklische Gliederung der beiden neogenen Formationen auf. Wie die Tabelle 3 zeigt, lässt sich in der Sedimentation beider Formationen eine bestimmte Faziesfolge feststellen. Beide beginnen mit grobklastischen Ablagerungen (Blockschutt, Schotter, Sande). Dieser Abschnitt würde einer fluviatil-terrestischen Phase entsprechen. In vertikaler Richtung gehen die Sande in Tone über, womit eine fluviatil-limnische Phase charakterisiert werden kann. Sodann tritt die Bildung von Kohle ein. Eine mehr oder weniger unvermittelt einsetzende Mergelsedimentation unterbricht die Bildung von Kohle. Die Mergelsedimentation geht schliesslich in eine Kalksedimentation über oder wird von dieser abgelöst. Mergel und Kalk gelangten während einer limnischen Phase zur Ablagerung.

Die obenangeführte Faziesgliederung stellt eine typische zyklische Sedimentation dar, wie sie beispielsweise in gleicher Aufeinanderfolge von Weller (1930) für etwa 50 Kohlezyklen aus dem Pennsylvanian (Oberkarbon) von Westillinois und Ohio nachgewiesen wurde und wie ich sie für die Neogengebiete westlich und nördlich von Tavşanlı (Westanatolien) (Nebert, 1960f) beschrieben habe. Jeder der beiden neogenen Formationen (Soma- und Deniz-Formation) von Soma entspricht einem Sedimentationszyklus. Die zyklische Gliederung der Sedimente äussert sich darin, dass das Korn der Sedimente in zeitlicher Richtung stetig abnimmt, bis schliesslich nurmehr Präzipitationssedimente abgelagert wurden. Wie ich bereits in meiner vorhin erwähnten Arbeit (Nebert, 1960f) hervorhob, haben sich in diesem Wandel in erster Linie das Relief des Alimentationsgebietes sowie die Senkungsgeschwindigkeit des Beckenbodens abgebildet. Von diesen Faktoren hängen die Transportkraft und Sedimentationsgeschwindigkeit ab. Die Entstehung der Kohle ist ein Teilprozess innerhalb eines Sedimentationszyklus und die Kohle selbst ist nach Weller ein konstant auftretendes Faziesglied des Zyklus.

Tabelle 3

Faziesgliederung	Soma-Formation	Deniř-Formation	Pleistozäne Abl.
	Hangendes: Deniř-Formation	Hangendes: Pleistozäne Ablagerungen	—
		Erosionsdiskordanz	
Kalk	(Kalkstein-Glied m_3) Mittleres Lignit-Glied k_2 Kalkstein-Glied m_3 50-60 m	Kiesalk-Glied p_3 200-300 m	Pleistozänes Kalk-Glied q_2
Mergel	Mergel-Glied m_2 100 m	Tuff-Mergel-Glied p_2 500 m	
Kohle	Unteres Lignit-Glied k_1 20 m	Oberes Lignit-Glied k_3 1-8 m	Pleistozänes Lignit-Glied k_4 (Kohleschmitzen)
Ton Sand Schotter Blockschutt	Basal-Glied m_1 50-200 m	Sand-Ton-Glied p_1 100-200 m	Pleistozänes Basal-Glied q_1
	Liegendes: Grundgebirge	Liegendes: Soma-Formation oder Grundgebirge	Liegendes: Deniř-Formation oder Soma-Formation oder Grundgebirge

Hat die Senkung den Wasserspiegel des Sees fast erreicht, dann beginnt die Moorbildung. Solange das Moor nicht unter den Wasserspiegel sinkt und sich ein Gleichgewicht zwischen dem Wachstum des Moores und der Senkung derart einstellt, dass beide ungefähr gleich schnell fortschreiten, dann sind optimale Bedingungen für die Entstehung von mächtigen Kohlenlagern gegeben. Dies muss beispielsweise eine Zeitlang der Fall bei dem Unteren Lignit-Glied (k_1) gewesen sein. Geht die Senkungsgeschwindigkeit jedoch zu rasch vor sich, dann kommt es nur kurze Zeit oder überhaupt nicht zu einer Moorbildung. Infolgedessen wird in der zyklisch gegliederten Sedimentfolge lediglich ein geringmächtiges Kohlenflöz auftreten, oder das Kohlenglied wird uns in Form von kohlehaltigem Ton mit Kohleschmitzen angedeutet sein, oder aber es wird ganz fehlen. Dies trifft auf das k_3 -Glied der Deniř-Formation zu.

Der lithologische Aufbau des m_2 - und m_3 -Gliedes der Soma-Formation ist ziemlich homogen. In dieser lithologischen Homogenität haben sich ruhige Sedimentationsbedingungen aufgezeichnet, was in erster Linie auf eine kontinuierliche Senkung des Sedimentationsraumes zurückzuführen ist.

Wie erklärt sich nun das Auftreten des Mittleren Lignit-Gliedes (k_2) innerhalb des Kalkstein-Gliedes (m_3) der Soma-Formation? Dazu muss gesagt werden, dass der Sedimentationszyklus der Soma-Formation während einer epirogenen Grossoszillation des Gebie-

tes stattgefunden hat. Die Senkung des Gebietes erreichte ihren Tiefpunkt während der Ablagerung des unteren und mittleren Abschnittes des m_3 -Kalkstein-Gliedes. Aber noch während der Ablagerung des oberen Abschnittes des m_3 -Gliedes trat eine rasche Hebung ein. Dass dennoch nur Kalk abgelagert wurde, ist durch eine weitgehende Abtragung des Alimentationsgebietes zu erklären. Durch die Abtragung erlangte das Alimentationsgebiet ein flaches Relief, was dazu führte, dass nur gelöste Stoffe in den Sedimentationsraum der Soma-Formation eingeschwemmt wurden. Durch die Hebung gelangten Teile des Sedimentationsbeckens schliesslich in ein Niveau, das eine Zeitlang günstig für neuerliche Moorbildung war. Dies führte zur Entstehung des Mittleren Kohlen-Gliedes (k_2). Die Oszillation erreichte ihre Kulmination in der Trockenlegung grosser Teile des Beckens, wodurch eine Phase der Erosion eingeleitet wurde.

Bei der Besprechung des Mittleren Lignit-Gliedes (k_2) wurde gezeigt, dass in bestimmten stratigraphischen Niveauseine Wechsellagerung von mm- bis cm-dünnen Kohleschmitzen mit ebenso dünnen Kalklagen auftritt (z.B. Bohrung 220 und 631, Abb. 7). In dieser Wechsellagerung haben sich Mikrooszillationen abgebildet, d.h. die Aufwärtsbewegung setzte sich aus zahlreichen Kleinoszillationen zusammen.

Mit der Ablagerung des Ton-Mergel-Gliedes (p_1) begann der zweite Sedimentationszyklus, während dem die Schichtfolge der Deniş-Formation entstand. Das p_1 -Glieder der Deniş-Formation liegt, wie wir sahen, über einem Paläorelief, das im südlichen Neogengebiet von Soma in die m_3 -Kalke eingeschnitten ist. Zwischen der Deniş-Formation und der Soma-Formation tritt somit eine Diskonformität (Erosionsdiskordanz) auf. Ihr entspricht eine Schichtlücke.

Die Deniş-Formation ist durch eine lithologische Heterogenität gekennzeichnet. Dieselbe kann einerseits auf die vulkanische Aktivität, andererseits jedoch auf Mikrooszillation zurückgeführt werden. Ansonsten ist die Faziesgliederung analog jener der Soma-Formation (s. Tabelle 3).

Ein dritter Sedimentationszyklus setzt mit dem Quartär (Tabelle 3) ein. Zwischen den pleistozänen Ablagerungen und der Deniş-Formation tritt abermals eine Erosionsdiskordanz auf. Die pleistozänen Ablagerungen zeigen die für einen Sedimentationszyklus typische Faziesgliederung (Tabelle 3), jedoch fehlt das Mergel-Glied. Das Kohle-Glied (k_4) ist in Form von kohlehaltigem Ton und als Kohleschmitzen zugegen.

Somit lassen sich im Räume Soma drei Sedimentationszyklen nachweisen: ein obermiozäner Zyklus (Soma-Formation), ein unterpliozäner Zyklus (Deniş-Formation) und ein pleistozäner Zyklus. Die drei Zyklen sind voneinander durch Diskonformitäten (Erosionsdiskordanzen) getrennt. Letztere entsprechen Sedimentationslücken.

Die Tatsache, dass wir sowohl im südlichen als auch im nördlichen Neogengebiet von Soma dieselben Faziesglieder bzw. dieselben Formationsglieder antreffen, und dass sie in fast gleicher Mächtigkeit auftreten, spricht sehr für einen einheitlichen, ausgedehnten Sedimentationsraum, und nicht für einzelne, kleine Teilbecken, wie dies früher angenommen wurde (Kleinsorge, 1944). In isolierten Kleinbecken wäre diese Einheitlichkeit in der Ausbildung der neogenen Schichtfolgen durch lokale Einflüsse sicherlich gestört worden. Vor allem aber würden die drei neogenen Lignit-Glieder heute nicht die Funktion von stratigraphischen Leithorizonten haben. Im gesamten Neogenraum von Soma sind sie stets an das gleiche stratigraphische Niveau gebunden.

Die gleichen Überlegungen sprechen auch gegen das Vorhandensein von Bergkämmen und Talungen, dabei soll «eine der Talungen zu einem tektonischen Senkungsfeld» und zum Bildungsraum der Braunkohlenlagerstätte von Soma geworden sein (Brinkmann et al., S. 22). Vielmehr müssen wir einen ausgedehnten, von einem flachwelligen Hügelland umgebenen See annehmen. Dessen Küste umsäumte ein Moor, das zum Grossteil den Charakter eines Riedmoores (*Juncus*, *Myrica*, *Salix*) hatte. Landeinwärts ging das Riedmoor streckenweise in einen Sumpfwald (*Taxodium*, *Glyptostrobus*) und sodann in ein Buschmoor (*Myrica*, *Magnolia*) über. Auf die Nähe des Sumpfmoores sowie des Buschmoores muss aus dem ausgezeichneten Erhaltungszustand (s. Foto 6) der aufgesammelten fossilen Blätter geschlossen werden. Den trockneren Boden des umgebenden Hügellandes bevorzugten Wald- und Nadelbäume (*Fagus*, *Quercus*, *Pinus*).

Schliesslich muss darauf hingewiesen werden, dass der gesamten Soma-Formation bis auf eine geringmächtige Tuffeinschaltung im Unteren Lignit-Glied (k_1) vulkanogene Produkte fehlen. Demgegenüber ist die Deni \bar{s} -Formation von vulkanogenem Material, vor allem Pyroklastika (Tuffe, Tuffite, Tuffbrekzien, Kieselbildungen), völlig durchsetzt. Dies gilt besonders für das Tuff-Mergel-Glied (p_2). Durch das Hinzutreten von pyroklastischem Material erhielt das p_2 -Glied seine heterogene lithologische Zusammensetzung. Die vulkanogene Komponente hat einen andesitischen Charakter und ist genetisch mit dem nachbarlichen andesitischen Vulkanismus in Zusammenhang zu bringen. Auch die pleistozäne Schichtfolge führt stellenweise vulkanogenes Material (Pyroklastika).

E. DER BAU DES GEBIETES

Neben der Herausarbeitung der lithostratigraphischen Verhältnisse versuchten die Kartierungsarbeiten auch den Bau im makroskopischen Bereich einer Klärung näher zu bringen. Bewegungsvorgänge, die zu diesem äusserst komplizierten Bau geführt haben, lassen sich mit Hilfe von mesoskopischen Strukturelementen analysieren. Dabei verwende ich die Bezeichnungen «makroskopisch» und «mesoskopisch» im Sinne von Turner und Weiss (1963). Die Kombination der Bohrerergebnisse mit den im Felde gesammelten Daten erbrachten den Nachweis, dass der komplizierte Bau des Neogengebietes von Soma hauptsächlich während zweier Deformationsphasen erzeugt wurde.

Während der ersten Deformationsphase erfolgte unter dem Einfluss horizontal wirkender Kräfte eine NW-SE ausgerichtete Zerschering des Grundgebirgssockels. Die dabei entstandenen Grundgebirgsschollen führten entlang seiger stehenden bis steil einfallenden Scherflächen (Gleitflächen) horizontale Differenzialbewegungen aus. Beweise für diese Vorgänge sind die am Grundgebirge beobachteten Harnischflächen mit horizontal verlaufenden Harnischstreifen. Ein instruktives Beispiel hierfür ist in den Fotos 12 und 13 abgebildet. Der Aufschluss befindet sich in einem südwestlichen Ausläufer des Köşe Dağ (Tafel I). Die Harnischflächen bilden bis zu 25 m hohe Steilwände in mesozoischen Kalken. Sie zerlegen das Grundgebirge in Kleinschollen (Foto 13). Die eingemessenen Streifen (Diagramm 4a, Abb. 10) streichen ungefähr WNW-ESE und verlaufen horizontal oder mit einem flachen Abtauchen. Fasst man die Harnischstreifen als «Lineationen in a» auf, so stellen die dazugehörigen senkrechten Harnischflächen (OkO)-Kluftflächen dar (Diagramm 4b, Abb. 10).

Die horizontalen Differenzialbewegungen im Grundgebirgssockel wirkten sich auch in der neogenen Sedimenthaut aus. Dabei wurde die neogene Decke in einzelne Kleinschollen zerlegt (s. Abb. 7, Nebert, 1975), die desgleichen horizontalen Differenzialbewegungen unterworfen waren. Diese Bewegungen hinterliessen ihre Spuren in Form von seiger stehenden bis

mittelsteil einfallenden Harnischflächen, auf denen die Harnischstreifen mehr oder weniger horizontal verlaufen. Im Aufschlussbereich sind diese mesoskopischen Strukturelemente besonders gut innerhalb des m_2 -Mergel-Gliedes (Foto 10), des m_3 -Kalkstein-Gliedes, des p_2 -Tuff-Mergel-Gliedes und des p_3 -Kieselkalk-Gliedes (s. Abb. 6, Nebert, 1975) zu beobachten, und zwar in allen Kompartimenten. Zu ihrer Illustrierung dienen drei, bereits in meiner 1975 veröffentlichten Arbeit beschriebenen Beispiele, die weit auseinanderliegen (Abb. 10, Diagramm 1=Kayrikalti-Kompartiment; Diagramm 2= Evciler-Kompartiment; Diagramm 3= Egeze-Kompartiment). Eingemessen und in Form von Strukturdiagrammen dargestellt wurden Harnischstreifen und Harnischflächen. Die Messbereiche lagen zwischen 100 m und 200 m Aufschlusslänge. Auffallend ist bei den Diagrammen 1a, 2a und 3a (Abb. 10) die mehr oder weniger horizontale, um NW-SE pendelnde Ausrichtung der Harnischstreifen. Fasst man die Harnischstreifen als «Lineationen in a» auf, so stellen die dazugehörigen Harnischflächen überwiegend (OkO)- und (OkI)-Kluffflächen dar. Die (OkI)-Harnischflächen stehen seiger und führen horizontale Streifen, während die (OkO)-Harnischflächen mittelsteil bissteil nach SE bzw. NE einfallen (Abb. 10, Diagramm 1b, 2b und 3b) und mit abtauchenden Streifen belegt sind. Letztere stellen offenbar Bewegungskomponenten einer in der Hauptsache horizontal wirkenden Kraft dar. Besonders häufig treten Harnischflächen mit horizontal verlaufenden Streifen auch in Bohrkernen (s. Nebert, 1975, Abb. 8) innerhalb der m_2 - und p_2 -Mergel auf. Sind die Flächen scharenweise vorhanden, so bilden sie tektonische Zerrüttungszonen mit einem stark aufgelockerten Gesteinsverband.

Unverständlich Weise blieben diese, für strukturanalytische Untersuchungen so bedeutenden Elemente von früheren Bearbeitern unbeachtet oder sie wurden als horizontale Bewegungskomponenten einer steilen Abschiebung gedeutet (Brinkmann et al., S. 17). Man versuche aber einmal, die in den Fotos 12 und 13 auf den seiger stehenden Harnischflächen abgebildeten horizontalen Streifen als Bewegungskomponenten steiler Abschiebungsvorgänge zu deuten!

Die gleichen Kräfte, die im Grundgebirge und Deckgebirge Horizontalbewegungen erzeugten, verursachten zusätzlich eine Abscherung einzelner Teile der neogenen Sedimenthaut. Die Abscherung erfolgte bevorzugt in Grundgebirgsnähe, da dort festigkeitsmechanische Schwächezonen (wie: Trennungsfuge zwischen Grund- und Deckgebirge, Basal-Glied m_1 , Lignit-Glied k_1 , etc.) vorhanden waren. Hierbei kam es zur Zertrümmerung des neogenen Gesteins und zur Bildung von tektonischen Brekzien und Melange-Letten, zur Mächtigereduktion einzelner Formationsglieder, zur Auswalzung bis zum Verschwinden des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) sowie zur Kataklasierung des Grundgebirges. Diese Erscheinungen liessen sich sowohl in Aufschlüssen als auch in Bohrkernen nachweisen. So zeigt uns Abb.9 einen Auf-

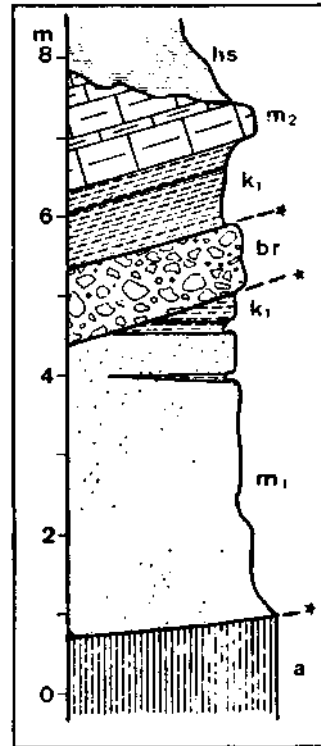


Abb. 9 - Abscherungsflächen (mit einem Sternchen gekennzeichnet) innerhalb der Soma-Formation. a = Grundgebirge (Grauwacken); m_1 = Schotter des Basal-Gliedes; k_1 = Überreste des tektonisch zerscherten unteren Lignit-Gliedes; m_2 = Mergel-Glied; br = tectonische Brekzie; hs = Hangsutt. Aufschluss im Egeze-Dere, etwa 3 km nordwestlich der Ortschaft Egeze (s. Abb. 2).

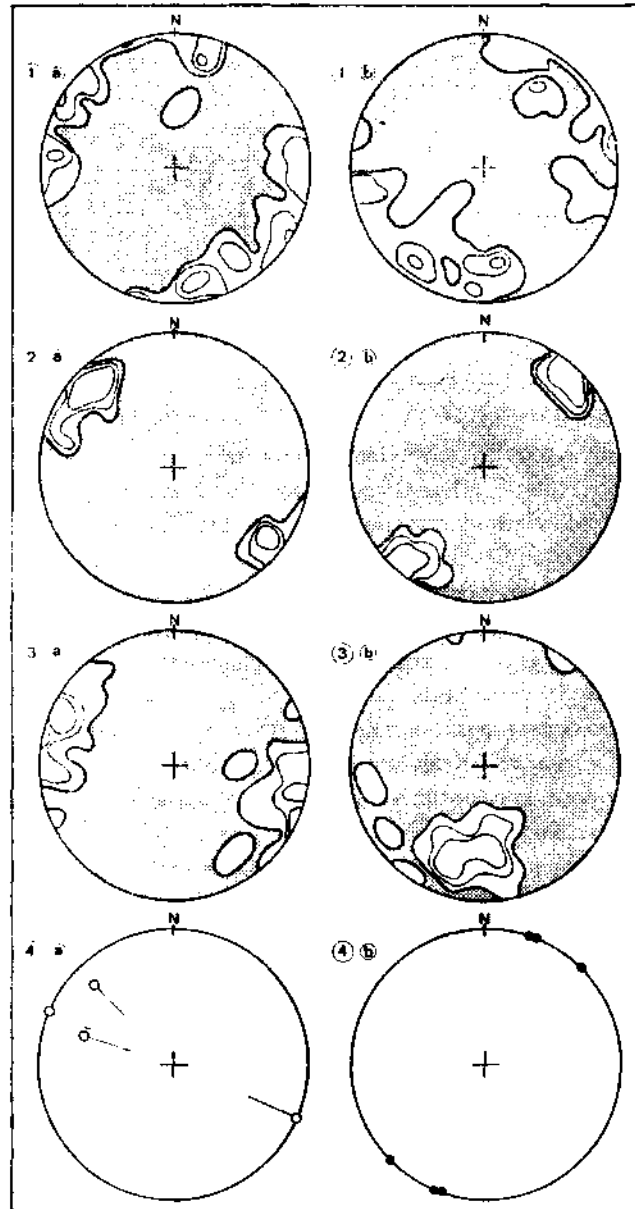


Abb. 10 - Strukturdiagramme von Harnischstreifen (a) und Harnischflächenpolen (b). Die geographische Lage der dazugehörigen Aufschlüsse wird im Text gegeben. Anzahl der eingemessenen Harnischstreifen: Diagr. 1a = 30; Diagr. 2a = 13; Diagr. 3a = 34; Diagr. 4a = 3. Anzahl der eingemessenen Harnischflächen: Diagr. 1b = 30; Diagr. 2b = 13; Diagr. 3b = 23; Diagr. 4b = 3. Besetzungsdichte bei den Diagrammen mit Begrenzungslinien: 1 %, 5 % und 10 %.

schluss im Eğnez-Dere. In ihm sind horizontale Abscherungsflächen (durch Sternchen angedeutet) zu sehen. Die Abscherung erfolgte mitten durch das Untere Lignit-Glied (k_1) und hatte zur Folge eine Reduktion des m_1 -Basal-Gliedes von 50-200 m auf 4-5 m, eine Reduktion des k_1 -Gliedes von 20 m auf rund 1 m, die Entstehung einer etwa 1 m starken tektonischen Brekzie (br) und die Zertrümmerung (Kataklasierung) des Grundgebirges in unmittelbarer Nähe der unteren Abscherfläche. Die tektonische Brekzie besteht aus eckigen m_1 -Gesteinsfragmenten, die in einer kohlehaltigen Matrix stecken. Als Ergänzung sei ein Aufschluss im Evçiler-Kompartiment gezeigt (Foto 3). In ihm ist eine horizontal verlaufende Abscherungsbahn (durch Pfeile angedeutet) inmitten des Basal-Gliedes (m_1) zu sehen.

Reduktionen in der Mächtigkeit einzelner Formationsglieder konnten auch durch das Bohrprogramm nachgewiesen werden, etwa bei der Bohrung 293, wo das Basal-Glied (m_3) auf 5,8 m reduziert war. Bei Bohrung 417 war das Untere Lignit-Glied (k_1) auf 5,45 m, bei Bohrung 236 auf 2,2 m, bei Bohrung 635 auf 1,4 m und bei Bohrung 222 auf 10 m reduziert. Bohrung 22 drang aus dem reduzierten k_1 -Glied, unter Fortfall des Basal-Gliedes (m_1) direkt in das Grundgebirge ein. Bei den genannten Bohrungen bestanden die aus dem Unteren Lignit-Glied (k_1) gezogenen Kerne zur Gänze aus Kohlenstaub oder aus einem innigen Gemenge (Melange) von kohlehaltigem Ton und Kohlenstaub. Mit Annäherung zum Grundgebirge häuften sich in den gezogenen Kernen die Anzeichen einer intensiven Tektonisierung des m_1 -Gliedes in Form von Zerrüttungszonen, Harnischflächen mit horizontal verlaufenden Striemen und tektonischen Brekzien. Das Grundgebirge selbst zeigte ein kataklastisches Gefüge. Zwischen Grundgebirge und Basal-Glied (m_1) war gewöhnlich eine mehrere Meter starke tektonische Brekzie entwickelt. In ihr war das Gesteinsmaterial des Grundgebirges mit jenem des Basal-Gliedes (m_1) auf das Innigste vermengt. Die einzelnen eckigen Komponenten der Brekzie lagen in einer tonigen, durch ein eisenhaltiges Pigment rötlich gefärbten Matrix eingebettet. Spülungsverluste traten häufiger auf. Der Kerngewinn war sowohl im Deckgebirge als auch im Grundgebirge zumeist gering. Mit fortschreitendem Eindringen in das Grundgebirge traten wieder normale Zustände ein. Diese geschilderten Erscheinungen sprechen alle für eine tektonische Reduktion des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) und nicht für ein primärsedimentäres Auskeilen. Offensichtlich verliefen die Abscherungsbahnen sowohl durch das Untere Lignit-Glied (k_1) als auch durch das Basal-Glied (m_1).

Bei Abscherungsvorgängen kann es jedoch nicht nur zu Flözreduktionen, sondern gelegentlich auch zu einer Flözverdoppelung kommen. Als Beispiel hierfür mag Bohrung 214 angeführt werden. In ihr erreichte das sonst im Durchschnitt 20 m starke Untere Lignit-Glied (k_1) eine bauwürdige Mächtigkeit von über 57 m und bestand fast nur aus Kohle.

Die folgenden Bewegungsbilder illustrieren den Abscherungsmechanismus, der durch Auswalzung oder Zertrümmerung zur Reduktion des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) bis zu dessen totalem Verschwinden führen kann. Zunächst zeigt uns ein Schürfstollen im Kozluören-Kompartiment den Vorgang der Auswalzung. Das k_1 -Lignit-Glied ist in horizontaler Richtung buchstäblich zerrissen, ausgefrantzt und zu Kohlenstaub zerrieben (Foto 8). Eine tektonische Brekzie trennt das zerrissene k_1 -Glied vom darüberliegenden Mergel-Glied (m_2) (im Bilde nicht dargestellt). Auch Fragmente des m_2 -Mergel-Gliedes sind im zerfetzten Kohlen-Glied zu sehen. Ein fortgeschrittenes Stadium ist in einem nachbarlichen Schürfstollen festgehalten (Nebert, 1975, Abb. 10): Das k_2 -Glied ist zu einem, wenige Zentimeter dünnen Kohlenband ausgewalzt. Das horizontal verlaufende Band lässt sich mehrere Meter weit verfolgen. Es besteht aus Kohlenstaub und liegt inmitten einer tektonischen Brekzie, die aus Fragmenten des Mergel-Gliedes (m_2) zusammengesetzt ist. Die Zertrümmerung des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) zeigt uns das nächste Beispiel (Foto 9) aus dem Kozluören-Kompartiment. Das k_1 -Glied ist in isolierte Flöz-

trümmer aufgelöst. Sie können Dimensionen bis zu 1 m erreichen. Mit der sie umgebenden tektonischen Brekzie bilden sie eine typische Melange. In einem Aufschluss, der ebenfalls im Kozluören-Kompartiment liegt, gingen das k1-Glied und das m1-Glied durch tektonische Abscherungsvorgänge verloren, denn gleich über dem Grundgebirge liegen blaue Mergel des m₂-Gliedes. Zuletzt soll eine horizontale Abscherungsfläche innerhalb des Grundgebirges gezeigt werden. Der Aufschluss liegt zwischen der Ortschaft Adilköy und der Stadt Kirkağaç (s. Abb. 2). Dort bilden mesozoische Kalke den östlichen Grundgebirgsrahmen der neogenen Sedimente. An mehreren Stellen ist dort eine horizontale Abscherungsfläche aufgeschlossen (Foto II). Der mesozoische Kalk zeigt ein typisch kataklastisches Gefüge. Entlang der Abscherung ist der Kalkstein zerrieben. Offene Spalten durchsetzen den zu einem Mylonit umgewandelten Kalkstein. Zuweilen befinden sich auf der horizontalen Abscherungsfläche auch Harnischstriemen (s. Nebert, 1975, Abb. 13).

Auch bei Arbeiten in den Gruben ist man wiederholt auf Abscherungen gestossen. Sobald eine Abbaustrecke eine Abscherungsfläche anfährt, tritt eine merkliche Reduktion in der Flözmächtigkeit auf und die Kohle ist zu Staub zerrieben. Jeder Versuch eines Abbaues wird dadurch vereitelt.

Abscherungen fanden auch innerhalb stratigraphisch höherliegenden Formationsgliedern statt, wobei die betreffenden Bohrungen aus den reduzierten Gliedern direkt in das Grundgebirge eindringen. Als erstes Beispiel hierfür lassen sich die Bohrungen 201 und 202 (Profil A-B, Tafel III) anführen. Bohrung 201 war im Tuff-Mergel-Glied (p₂) angesetzt, durchteufte das p1-Glied mit normaler Mächtigkeit und drang aus dem reduzierten Kalkstein-Glied (m₃), unter Fortfall von m₂, k1 und m1, direkt in das Grundgebirge ein. Bohrung 202 drang aus dem stark reduzierten p1-Glied, unter Fortfall des m₃-, m₂- k1,- und m1-Gliedes unmittelbar ins Grundgebirge ein. Bei diesen Bohrungen traten die gleichen Anzeichen einer intensiven tektonischen Beanspruchung auf, wie wir sie aus den bisher beschriebenen Beispielen kennen gelernt haben: In Grundgebirgsnähe war das neogene Gestein durch Zertrümmerung in eine tektonische Brekzie umgewandelt, Harnischflächen mit horizontalen Striemen häuften sich, im gezogenen Kernmaterial änderte sich wiederholt das Schichteinfallen, das Grundgebirgsgestein zeigte ein kataklastisches Gefüge, der Kerngewinn war gering und Spülungsverluste traten auf. Diese Anzeichen sprechen eindeutig für Abscherungsflächen, entlang denen horizontale Bewegungen stattgefunden haben. Dabei wurden Partien der neogenen Decke von ihrer Unterlage abgeschert.

Die in zahlreichen Aufschlüssen sowie in den Bohrkernen nachgewiesenen Abscherungsflächen ergaben in ihrer Gesamtheit eine, möglicherweise nicht zusammenhängende Abscherungsbahn, die zwischen vorneogenem Grundgebirge und neogener Decke liegt und die neogene Decke etwa so durchschneidet, wie dies in den Profilen der Tafel III dargestellt ist.

Die horizontalen Bewegungsvorgänge der ersten Deformationsphase fanden nach der Ablagerung der Deniz-Formation statt. Das Alter der Deniz-Formation wurde mit Unterpliozän festgelegt. Die erste Deformationsphase könnte somit ein oberpliozänes Alter haben.

Die Nordanatolische Störungszone ist eine eminente Erdbebenzone, die sich von der Ägäis in mehr als 1300 km Länge in W-E-Richtung bis zum Van Gölü dahin zieht. Pavoni (1961) nimmt für die Nordanatolische Störungszone horizontale Bewegungen grössten Ausmasses an. Die horizontalen Verschiebungen erzeugten eine chaotische Zerreibungstektonik, die von mächtigen Reibungsbrekzien, eingepressten Gesteinssetzen und zerquetschten Gesteinslinsen begleitet wird. Pavoni führt die horizontalen Bewegungen auf Zerscherungen im

tieferen Untergrund entlang steilstehender Horizontalverschiebungen zurück, ähnlich den Zerscherungen des vorneogenen Grundgebirges im Gebiet von Soma (s. Foto 12 und 13). Die gleichen Kräfte erzeugten ebensolche Zerscherungen und Versetzungen in der darüberliegenden Sedimenthaut, sofern es sich um kompetente und massige Sedimente handelte. Im Neogengebiet von Soma können als «kompetent» die m_2 -Mergel (Foto 10), die m_3 -Kalksteine, das p2-Tuff-Mergel-Glied (Abb. 7, Nebert, 1975) und die p_3 -Kieselkalke (Abb. 6, Nebert, 1975) betrachtet werden. «Inkompetent» verhielt sich insbesondere das Untere Lignit-Glied (k1) (Foto 8). Nach Ketin (1969) sollen die horizontalen Verschiebungen entlang der Nordanatolischen Störungszone seit ihrer Entstehung im Pliozän einige Zehner von Kilometern betragen. Das Neogengebiet von Soma ist nur 50-60 km von der Nordanatolischen Störungszone entfernt. Könnten da eventuell genetische Zusammenhänge bestehen zwischen den für das Gebiet von Soma beschriebenen Horizontalbewegungen und jenen von Pavoni angenommenen grossräumigen Horizontalverschiebungen im Bereich der Nordanatolischen Störungszone?

Die zweite Deformationsphase fand an der Wende Pliozän-Quartär statt. Sie schuf die heutige Zerstückelung des Neogengebietes von Soma, die in ihrer Gesamtheit eine Bruchschollentektonik darstellt. Die durch die Zerscherungs- und Abscherungstektonik verursachten Komplikationen im Bau des Gebietes von Soma erfuhren durch die Bruchschollentektonik eine weitere Steigerung.

Die Hauptdislokationen haben sowohl südlich als nördlich des Bakırçay eine SW-NE-Richtung. Eine zweite Dislokationsrichtung steht fast senkrecht zur ersten und verläuft SE-NW. Beide Dislokationen vereinigen sich zu einem zweisecharigen Bruchsystem, welches das gesamte Gebiet von Soma in eine Vielzahl von tektonischen Schollen zerlegt hat. Die Bruchschollentektonik äussert sich auch in der Morphologie des Gebietes. In tiefer liegenden Schollen (Gräben) sind die neogenen Sedimente erhalten geblieben. In höher geschalteten Schollen (Horste) ging die neogene Sedimentdecke durch Abtragung verloren. Durch die Bruchschollentektonik gelangten Neogenzwickel, wie beispielsweise jene von Tarhala und Adiller Tepe, zwischen Grundgebirgsschollen eingekeilt. Das Neogen des Deniz-, Kozluören- und Kaynkalti-Kompartiments (Tafel II) ist desgleichen zwischen grösseren Grundgebirgsschollen eingekeilt.

Entsprechend ist auch das Schichteinfallen. In weniger gestörten Schollen fallen die Schichten des Neogens mittelsteil ein. In gestörten Schollen liegt das Einfallen zwischen 60° und 80°.

Bei der Entstehung der Bruchschollentektonik spielten steile Abschiebungen die Hauptrolle. Einige der steil stehenden Abschiebungsflächen konnten auch im mesoskopischen Bereich untersucht werden. Sie waren zumeist als Harnischflächen entwickelt und ausschliesslich mit senkrecht oder steil verlaufenden Striemen belegt.

Während der zweiten Deformationsphase entstand auch der Graben der Bakırçay-Ova, der nachträglich mit pleistozänen Sedimenten und Tuffgesteinen aufgefüllt wurde.

In einer subrezenten, dritten Deformationsphase erlitten die pleistozänen Bildungen eine Süd- bis Südwestkipfung. bis zu 10°. Gleichzeitig wurden die pleistozänen Sedimente von zahlreichen Kleinverwerfern versetzt, was besonders schön in den mehrfach erwähnten Bahntrasseneinschnitten zwischen Soma und Beyce zu beobachten ist.

F. BRENNSTOFFCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die reine Kohle ist makroskopisch eine pechschwarze, feste und stückigharte Glanzkohle von amorpher Beschaffenheit. Ihr Heizwert, bezogen auf die roh-Substanz, liegt zwischen 4000 und 5000 kcal/kg. Die verunreinigte Kohle ist etwas weicher und zumeist feinschichtig. Mit steigendem Aschengehalt sinkt ihr Heizwert. Der Gesamtschwefelgehalt liegt im Durchschnitt, unter 1 %. Das spezifische Gewicht der Reinkohle beträgt 1,3.

In den lithostratigraphischen Säulenprofilen (Abb. 5, 6 und 8) der drei Lignit-Glieder sind die Ergebnisse der brennstoffchemischen Analysen (Immediatanalyse und Heizwertbestimmung) graphisch dargestellt.

Die Probenahme erfolgte nicht in festgelegten regelmässigen Abständen, sondern richtete sich jeweils nach der Stärke und nach der lithologischen Beschaffenheit der durchteuften Kohle. Der Abstand der Proben wurde stets so gewählt, dass für die betreffende Kohlenschicht eine gute Durchschnittsprobe heraus kam.

Bei Proben mit guter Kohlensubstanz oder bei Kohlen mit nur geringen Verunreinigungen wurde die Immediatanalyse für Asche (a), Wasser (w), flüchtige Bestandteile (fl. Best.) und für den fixen Kohlenstoff (C-fix) durchgeführt. War die Kohlenprobe stark verunreinigt, dann wurde nur der a- und w- Gehalt bestimmt. Die Heizwertbestimmung (H) erfolgte bei allen Kohlenproben. Die Kohlenproben wurden im brennstoffchemischen Laboratorium des M.T.A.- Institutes analysiert.

Im folgenden wird versucht, die brennstoffchemischen Analyseergebnisse einer allgemeinen Betrachtung zu unterziehen. Dabei werden die ermittelten Werte graphisch dargestellt.

Die ersten vier graphischen Diagramme (Abb. 11 bis Abb. 14) zeigen die Beziehungen zwischen den Kenngrössen Wasser, Asche und Heizwert im Bereich des unteren Lignit-Gliedes (k1) bei vier Bohrungen. Zwei Bohrungen (609, Abb. 12 und 631, Abb. 11) stammen aus dem Mumya-Tepe-Kompartiment, die dritte (226, Abb. 13) aus dem Işıklar-Dere-Kompartiment, und die vierte Bohrung (417, Abb. 14) aus dem Soma-Kompartiment. Der gefundene Analysenwert einer beprobten Kernstrecke wurde jeweils als Punkt auf der halbierten Kernstrecke dargestellt. Auf diese Art erhält man Kurven, die leicht untereinander zu vergleichen sind. In den Abbildungen 11, 12 und 13 beziehen sich die linken Diagramme jeweils auf die roh-Kohle, und die rechten Diagramme auf die lft-Kohle. In Abbildung 14 gelangten nur die Werte der roh-Substanz zur Darstellung.

Zunächst werden die Ergebnisse bei Bohrung 631 (Abb. 11) besprochen. Die Beprobung erfolgte in unregelmässigen Abständen. Sie erfasst jedoch mit rund 20 m die gesamte Bohrstrecke des Unteren Lignit-Gliedes (k1). Die w-Kurve im Diagramm a verläuft parallel zur w-Kurve im Diagramm b. Das Gleiche gilt auch für die beiden a-Kurven. Dies beweist, dass die betreffenden Kohlenproben sofort nach ihrer Entnahme luftdicht verpackt wurden. In den Diagrammen a und b besteht eine eindeutige Beziehung zwischen dem Aschengehalt (a) der Kohlenproben und deren Heizwert (H): Mit steigendem Aschengehalt sinkt der Heizwert. Die lineare Abhängigkeit von a und H kommt in den Diagrammen e und f (Abb. 11) noch besser zum Ausdruck. Diese allgemein bekannte Erscheinung ist darauf zurückzuführen, dass sich die Qualität der Kohle in bezug auf den Heizwert mit zunehmendem Aschengehalt vermindert. Eine zweite Erscheinung bezieht sich auf die Asche und das Wasser: Mit zunehmendem

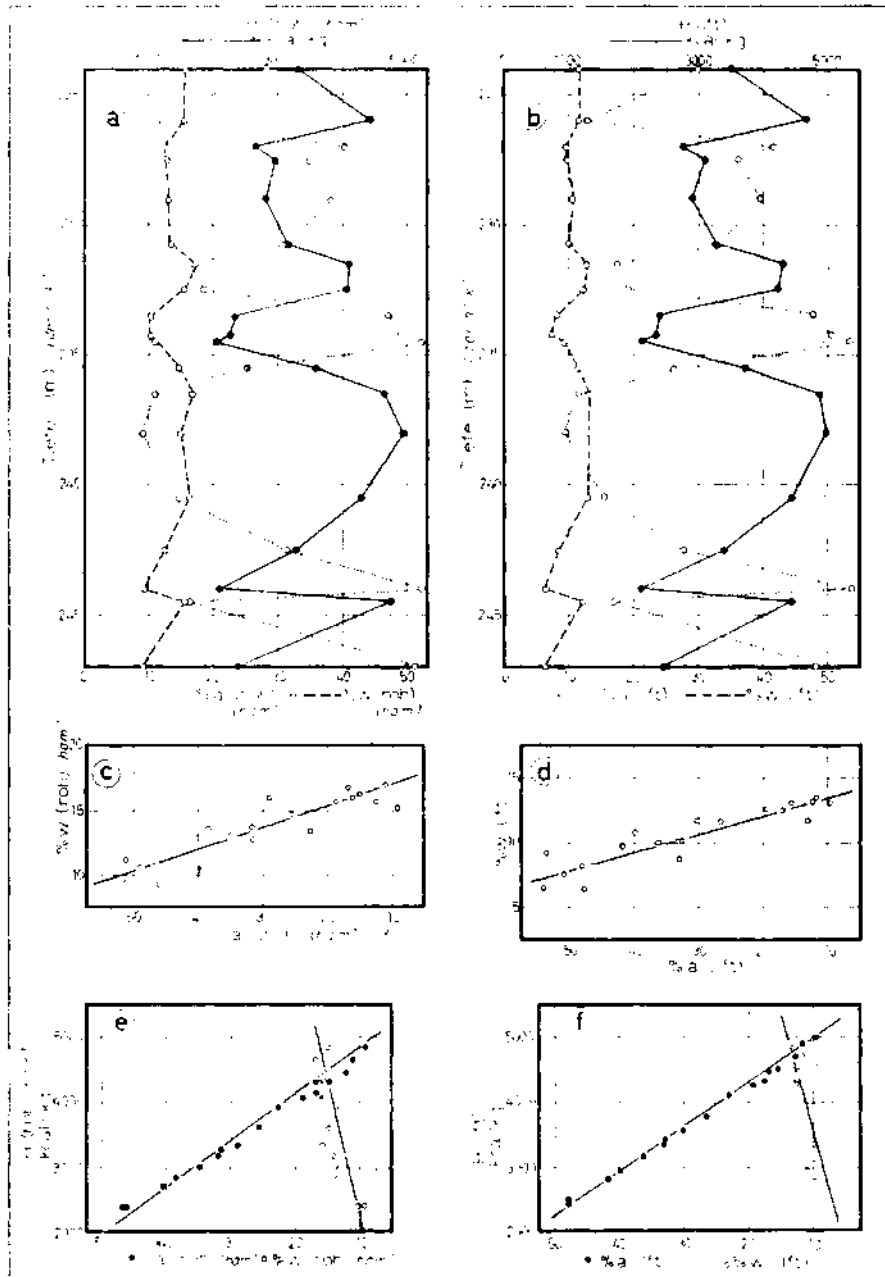


Abb. 11 - Beziehungen zwischen den Kenngrößen Wasser (w), Asche (a) und Heizwert (H) im Unteren Lignit-Glied (k_1) der Bohrung 631 (Mumya-Tepe-Kompartiment).

Aschengehalt sinkt der Wassergehalt der Kohle. Dies geht sowohl aus den a- und w-Kurven der Diagramme a und b, als auch aus den Diagrammen c und d hervor. In den Diagrammen c und d ist die lineare Beziehung zwischen diesen beiden Kenngrößen eindeutig. Eine dritte Beziehung scheint zwischen den w- und H-Kurven in den Diagrammen a, b, e und f zu bestehen: Trotz des zunehmenden w-Gehaltes steigt der Heizwert (H) der Kohle. Auch diese Beziehung scheint linear zu sein, wie dies die beiden Diagramme e und f zeigen.

Beim zweiten Beispiel, nämlich bei Bohrung 609 (Abb. 12), lassen sich die drei genannten linearen Beziehungen zwischen a , w und H desgleichen feststellen. Die beprobte Kernstrecke beträgt über 20 m. Auch in diesem Beispiel nimmt H mit sinkendem a -Gehalt zu (Diagramme a und b, sowie c und d). Eine lineare Beziehung besteht ferner auch zwischen a und w : Mit steigendem a -Gehalt sinkt w (Diagramme a und b, sowie e und f). Auch die dritte Erscheinung ist zugegen, nur ist sie nicht so ausgeprägt wie im ersten Beispiel: Der Heizwert (H) der Kohle steigt trotz einer leichten Zunahme von w (Diagramme c und d, Abb. 12).

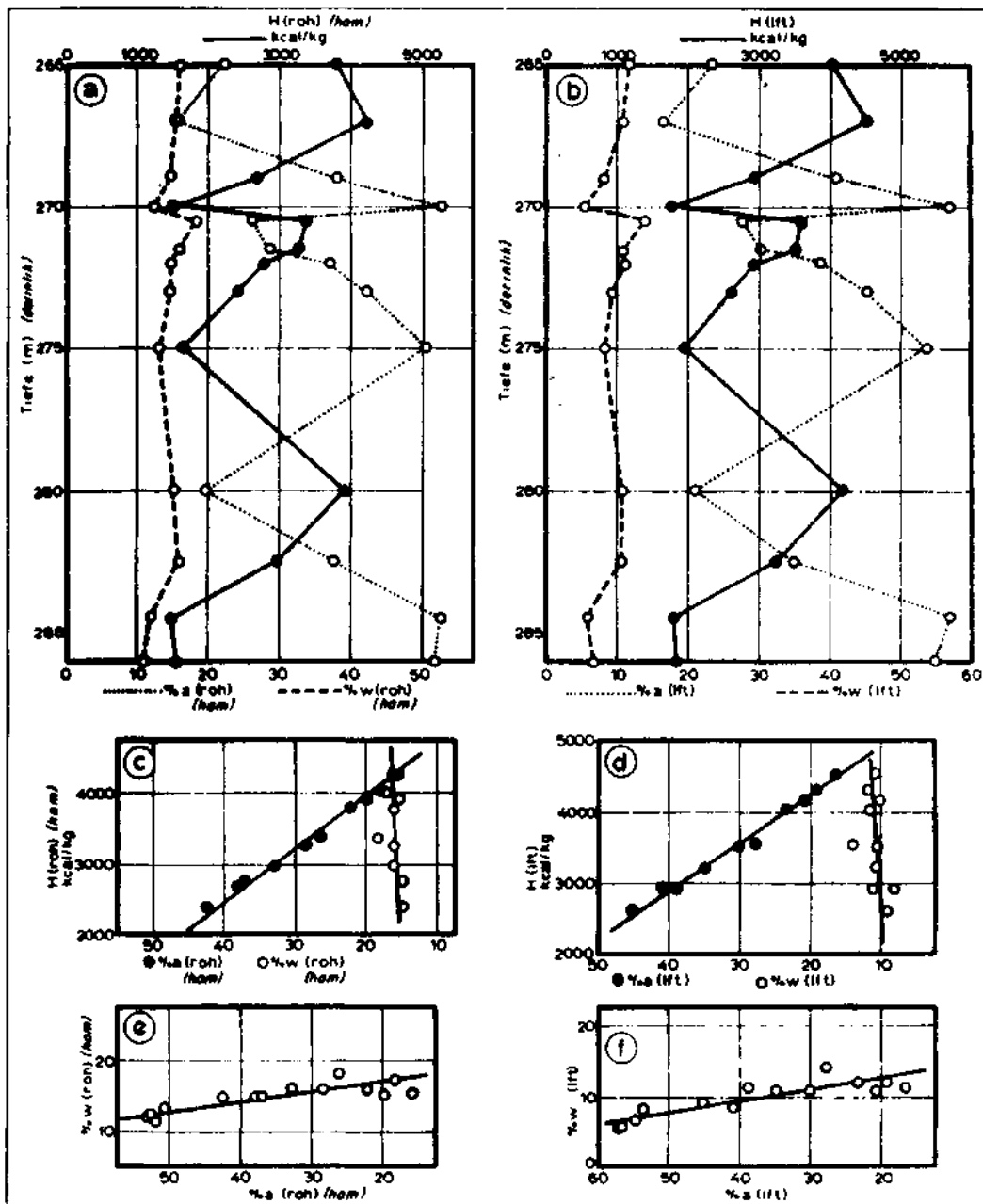


Abb. 12 - Beziehungen zwischen den Kenngrößen Wasser (w), Asche (a) und Heizwert (H) im Unteren Lignit-Glied der Bohrung 609 (Mumya-Tepe-Kompartiment).

Um nun zu prüfen, ob die geschilderten brennstoffchemischen Beziehungen zwischen den Kenngrößen w , a und H der k_1 -Kohle auch in anderen Kompartimenten auftreten, wurden für die Untersuchung die Bohrung 226 aus dem Işıklar-Dere-Kompartiment und die Bohrung 417 aus dem Soma-Kompartiment herangezogen.

In Bohrung 226 (Abb. 13) besteht zwischen a und H die gleiche lineare Abhängigkeit (Diagramme a und b, sowie e und f, Abb. 13) wie bei den Bohrungen 609 und 631: Mit abnehmendem a -Gehalt steigt H linear. Die Beziehung zwischen w und a ist bei der roh-Substanz (Diagramm c, Abb. 13) nicht eindeutig, denn die einzelnen Analysenwerte sind zu sehr gestreut.

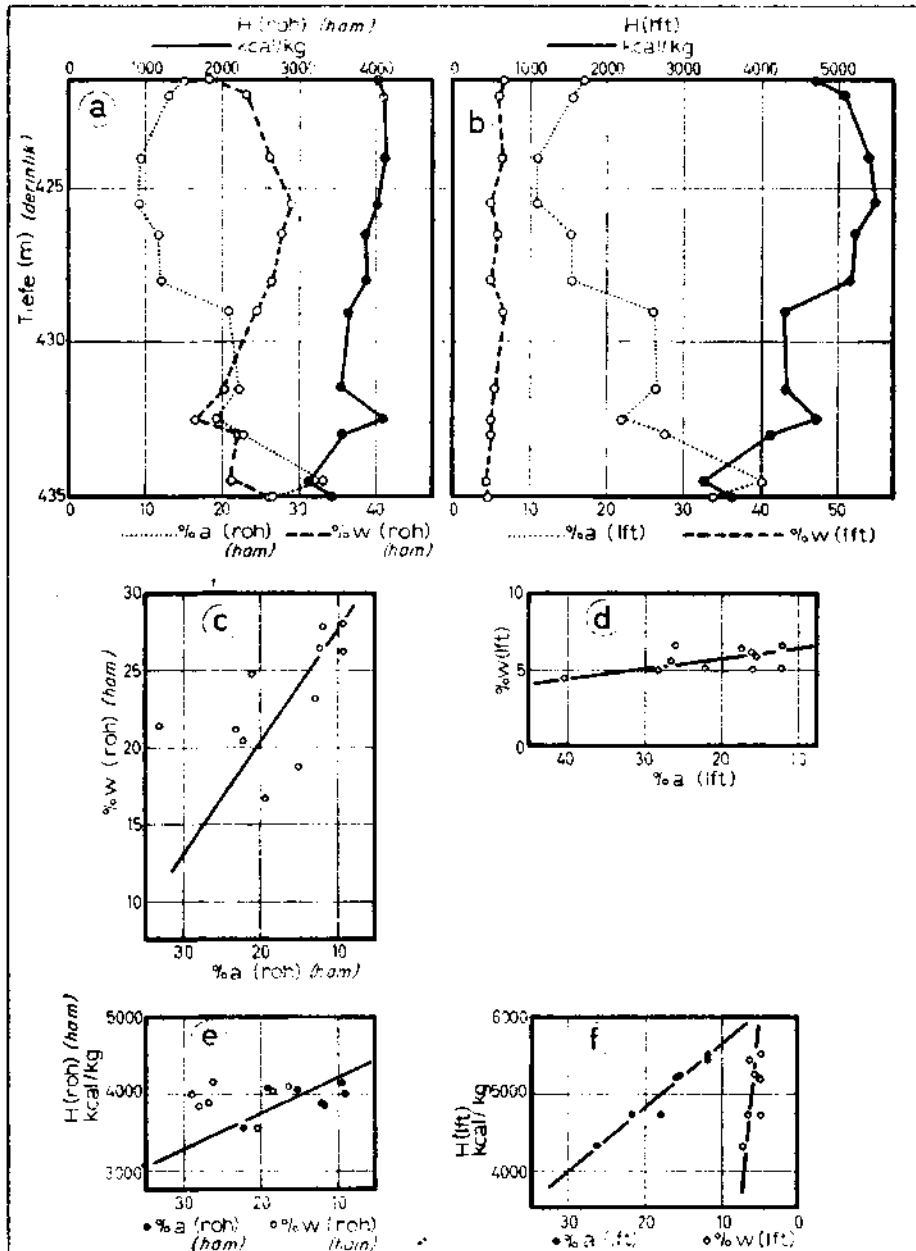


Abb. 13 - Beziehungen zwischen den Kenngrößen Wasser (w), Asche (a) und Heizwert (H) im Unteren Lignit-Glied (k_1) der Bohrung 226 (Işıklar-Dere-Kompartiment).

Die Streuung der Punkte der roh-Substanz ist wahrscheinlich eine lokale Erscheinung und vielleicht auf Wassereinbrüche zurückzuführen, denn im Diagramm der Ift-Substanz (Diagramm d) ist die lineare Beziehung zwischen a und w eindeutig hergestellt: Mit zunehmendem a -Gehalt sinkt der w -Gehalt. Hinsichtlich der Beziehung zwischen w und H lässt sich bei der roh-Substanz (Diagramm e, Abb. 13) keine Aussage machen. Bei der Ift-Substanz (Diagramm f) ist eine lineare Beziehung vorhanden, jedoch ist die Beziehung nicht widersinnig, denn mit sinkendem a -Gehalt steigt der Heizwert der Kohle.

Für Bohrung 417 (Abb. 14) aus dem Soma-Kompartiment liessen sich die Beziehungen zwischen den Kenngrössen a , w und H nur für die roh-Substanz darstellen. Zwischen a -Gehalt und H -Wert kann abermals eine lineare Abhängigkeit festgestellt werden (Diagramme a und b), Eine lineare Beziehung besteht auch zwischen w und a (Diagramm c): Der Wassergehalt der Kohle nimmt mit steigendem Aschengehalt ab. Schliesslich erscheint im Diagramm b (Abb. 14) auch die lineare Abhängigkeit zwischen w -Gehalt und Heizwert (H), nur ist sie widersinnig, analog zum ersten Beispiel: Der Heizwert (H) steigt trotz leichter Zunahme des Wassergehaltes.

Fassen wir die Ergebnisse der vier untersuchten Beispiele zusammen! Zunächst wurde die allgemein bekannte Erscheinung, dass mit zunehmendem Aschengehalt (a) der Heizwert (H) einer Kohle sinkt, auch mit den vier besprochenen Beispielen bestätigt. Als zweites Ergebnis kristallisierte sich eine lineare Beziehung zwischen Aschengehalt (a) und Wassergehalt (w) der Kohlen heraus: Mit steigendem Aschengehalt (a) sinkt ihr Wassergehalt (w). Diese Beziehung liesse sich folgendermassen erklären: Der Wassergehalt einer Kohle besteht aus der groben Feuchtigkeit, die bei der Trocknung der Kohle (Ift-Substanz) entweicht, und aus der hygroskopischen Feuchtigkeit, die von den Kapillarkräften des Porenraumes der Kohle festgehalten wird. Die hygroskopische Feuchtigkeit hängt von der Porengrösse und dem Porenvolumen einer Kohle ab. Ist das Porenvolumen gross, so steigt die hygroskopische Feuchtigkeit, und umgekehrt. Dass wir es bei den besprochenen vier Beispielen wirklich mit einer Erscheinung zu tun haben, die an die hygroskopische Feuchtigkeit gebunden ist, beweisen uns die

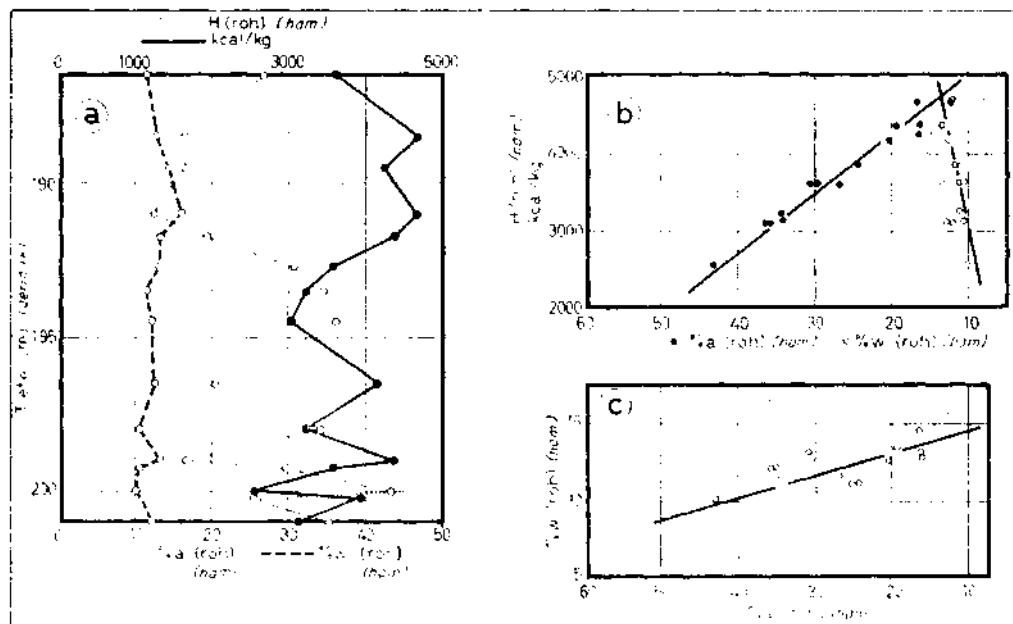


Abb. 14 - Beziehungen zwischen den Kenngrössen Wasser (w), Asche (a) und Heizwert (H) im Unteren Lignit-Glied (k_1) der Bohrung 417 (Soma-Kompartiment).

Analysenwerte der Ift-Substanz. Steigt bei einer Kohle der Aschengehalt, so bedeutet dies, dass schon während der Sedimentation eingeschwemmte und eingewehte Tonpartikelchen die Poren der Kohle verringert und das Porenvolumen vermindert haben. Infolgedessen kommt es zu einer geringeren Bindung von Wasser. Bei aschearmen oder aschefreien Kohlen ist der primäre Porenraum durch tonige Verunreinigungen hingegen nicht reduziert worden.

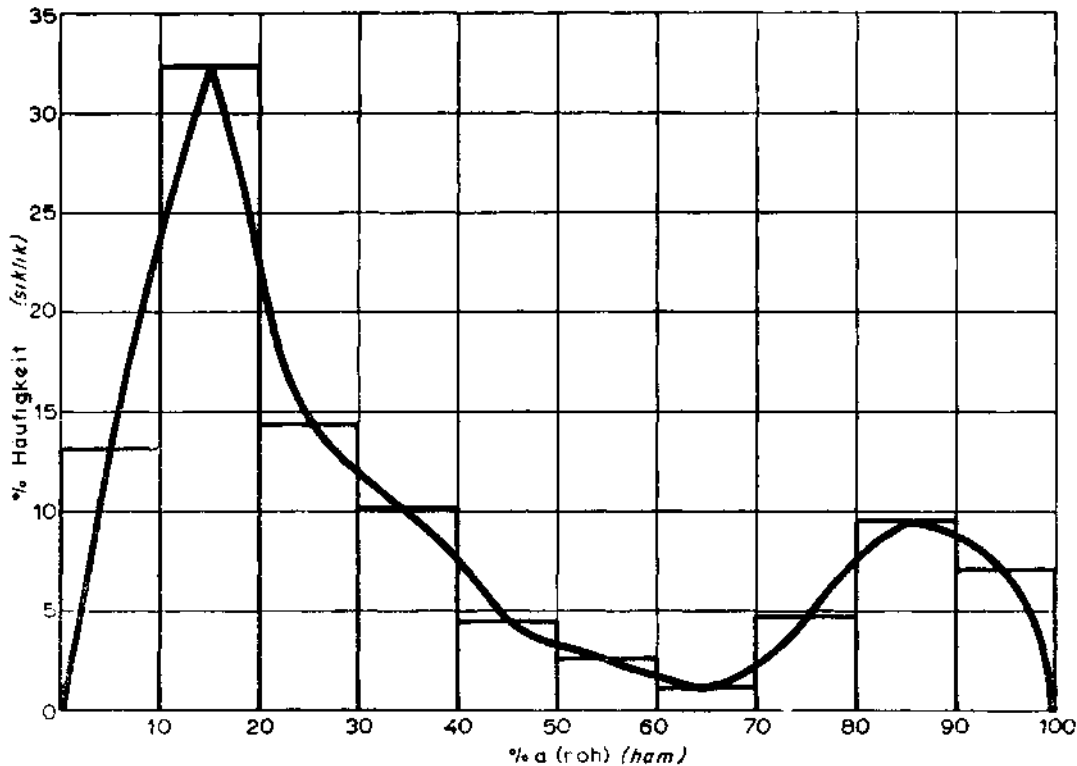


Abb. 15 - Häufigkeitsverteilung des Aschengehaltes (roh-Substanz) in einem Standard- k_1 -Profil.

Allgemein ist bekannt, dass Wasser als Ballaststoff den Heizwert einer Kohle senkt. In drei der vier angeführten Beispiele nimmt jedoch der Heizwert mit steigendem w-Gehalt zu. Wie ist diese widersinnige lineare Beziehung zwischen w und H in den betreffenden Diagrammen zu erklären? Mit sinkendem Aschengehalt (a) steigt der Wassergehalt (w) sowie der Heizwert (H) einer Kohle. Die Beziehung zwischen a und H ist jedoch derart dominierend, dass der Heizwert trotz Ansteigens des Wassergehaltes weiterhin steigt. Aus den beiden Beziehungen zwischen a und H einerseits und a und w andererseits resultiert eine «scheinbare» dritte Beziehung zwischen w und H. Zusammenfassend kann folglich gesagt werden, dass die lineare Beziehung zwischen sinkendem Aschengehalt und steigendem Heizwert derart dominiert, dass trotz eines gleichzeitig steigenden Wassergehaltes der Heizwert weiterhin ansteigt.

Abbildung 15 zeigt uns ein Histogramm. In ihm ist die Häufigkeitsverteilung des Aschengehaltes (a) in einem k_1 -Kohlenglied von normaler Mächtigkeit (ca. 20 m) wiedergegeben. Für die Herstellung des Histogramms wurden die k_1 -Lignit-Glieder von 20 Bohrungen mit einer Gesamtbohrstrecke von 427,6 m ausgewertet. Die a-Werte beziehen sich auf die roh-Substanz.

Die Häufigkeitskurve (Abb. 15) zeigt, dass ein k_1 -Flöz mit einer Standardmächtigkeit von 20 m aus etwa 13,2% reiner Kohle ($a < 10\%$), aus 32,3 % verunreinigter Kohle ($a = 10-20$

%), aus 29,3 % stark verunreinigter Kohle ($a=20\%$ bis 50%) und aus 25,2 % Zwischenmittel ($a>50\%$) besteht. Mit anderen Worten: Ein k_1 -Flöz enthält etwa 25 % Begleitgestein, das nicht verwertet werden kann, und 45,5 % Kohle von guter Qualität ($H=4000-5000$ kcal/kg), und etwa 32% minderwertige Kohle ($H<4000$ kcal/kg).

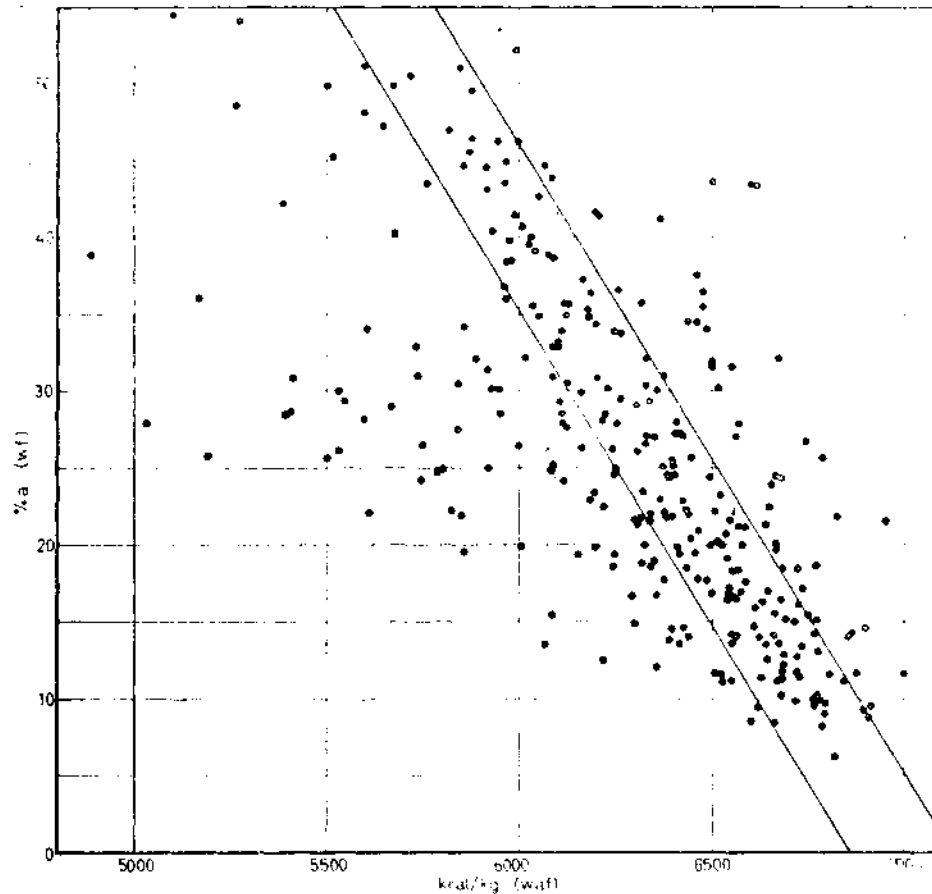


Abb. 16 - Abhängigkeit des Heizwertes (waf) vom Aschengehalt (wf) bei Kohlen des k_1 -Flözes.

Das Diagramm der Abb. 16 zeigt die Abhängigkeit des Heizwertes (waf) vom Aschengehalt (wf) der k_1 -Kohlen. Die Häufigkeitsgebiete wurden nach 300 Analysen von 38 Bohrungen festgelegt. Der mittlere Streifen enthält das Gebiet mit 50 %. Rechts und links davon liegen die Gebiete mit 25 %.

Das Diagramm in Abb. 17 versucht eine Beziehung zwischen dem Quotienten Kohlenstoff/flüchtige Bestandteile und dem Heizwert (H) herzustellen. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass der Heizwert (H) mit dem Grösserwerden des Quotienten zunimmt. Für die Herstellung des Diagramms dienten die Analysenwerte von 75 Proben. Die Daten beziehen sich auf die waf-Substanz.

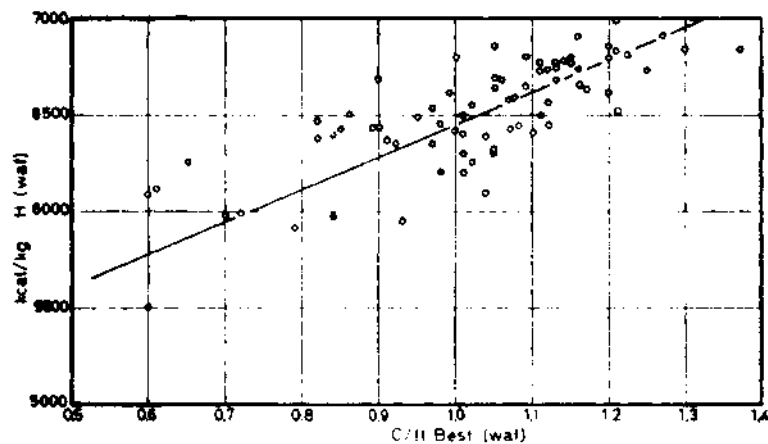


Abb. 17 - Beziehung zwischen dem Heizwert und dem Quotienten C/fl. Best. bei 75 Proben des k_1 -Flözes. Die Analysenwerte beziehen sich auf die waf-Substanz.

Im Rahmen des durchgeführten Bohrprogramms konnte das untere Lignit-Glied (k_1) bis zu Tiefen von 500 m erbohrt werden. Es war daher naheliegend, die Proben nach der Tiefe zu ordnen, um Gesetzmässigkeiten zwischen der Tiefenlage der entnommenen Proben einerseits und den durch die Immediatanalyse ermittelten Kenngrössen sowie dem Heizwert andererseits herauszufinden. Zur Herstellung des Diagramms (Abb. 18) dienten die Ergebnisse von 135 Proben.

Hinsichtlich des Wassers (w) der rohen Kohle (bezogen auf die af-Substanz) ergibt sich aus dem Diagramm keinerlei Beziehung zur Tiefenlage der Probe. Vielmehr scheint es so zu sein, dass in bestimmten Tiefen der Wassergehalt der Kohle durch Wassereinbruch erhöht wurde. So zeigen beispielsweise jene Proben, die in einer Tiefe von 425 m liegen, einen überdurchschnittlich hohen Wassergehalt ($w > 20\%$). Auch bei den luftgetrockneten Proben scheint keine Gesetzmässigkeit zwischen Tiefenlage der Probe und Wassergehalt zu bestehen.

Auffallend ist auch die Verteilung des Heizwertes (bezogen auf die waf-Substanz) mit der Tiefenlage der Probe. Fast alle Werte liegen zwischen 6000 und 7000 kcal/kg. Eine zunehmende Reifung der Kohle hat infolgedessen mit der Tiefe nicht stattgefunden, denn sonst müssten Proben in grösseren Tiefen (etwa 400 m) auch höhere Heizwerte (> 7000 kcal/kg) aufweisen.

Aus der Verteilung der Werte der flüchtigen Bestandteile (bezogen auf die waf-Substanz) lässt sich mit der Tiefe eine Zunahme der fl. Best. und eine entsprechende Abnahme des C-fix feststellen. Dies steht jedoch im Widerspruch mit den bisherigen Erfahrungen, die eindeutig das Gegenteil, nämlich eine Abnahme der fl. Best. und eine Zunahme des C-fix mit der Tiefe ergeben haben.

Aus diesen Darlegungen kann der Schluss gezogen werden, dass die Kohle des unteren Lignit-Gliedes (k_1) ihren Reifegrad bzw. Inkohlungsgrad nicht der heutigen Tiefenlage zu verdanken hat. Dieser Reifegrad war bereits vorhanden vor den beiden Deformationsphasen I und 2, durch die das k_1 -Glied in die heutigen Höhenlagen geriet.

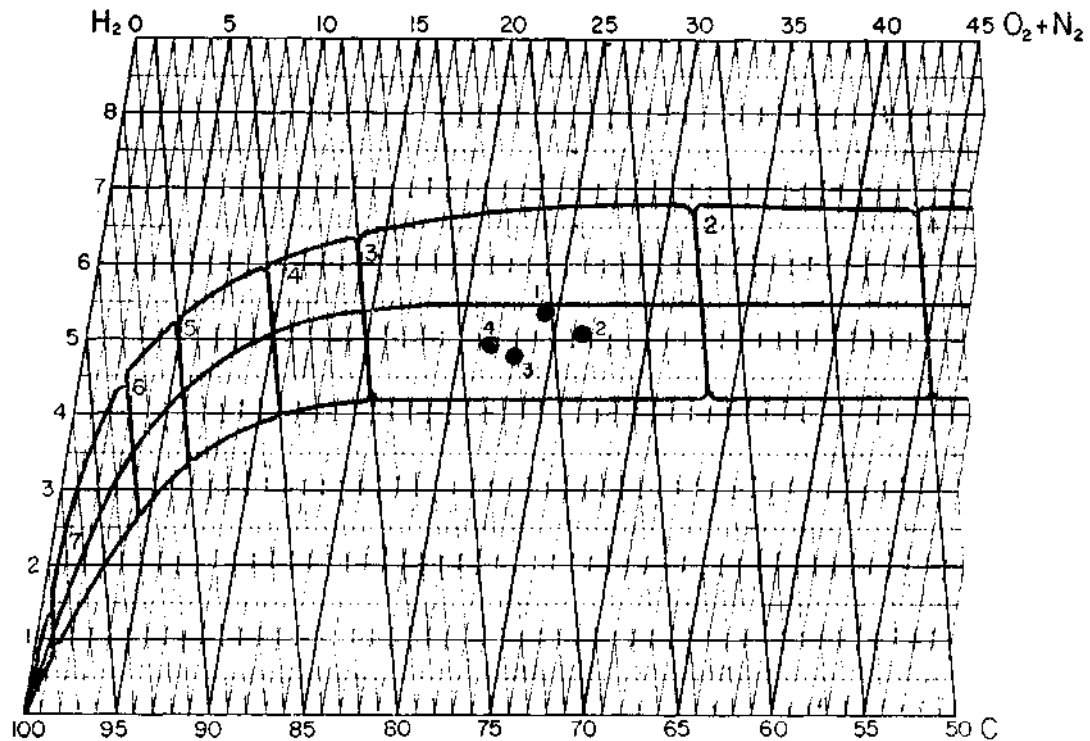


Abb. 19 - Die Lage von vier Kohlenproben im Kohlendiagramm. Feld 2 = Torf; Feld 3 = Lignit; Felder 4, 5 und 6 = Steinkohlen; Feld 7 = Anthrazit. Probe 1 = k_3 -Kohle; Probe 2 = k_2 -Kohle; Proben 3 und 4 = k_1 -Kohlen.

Abschliessend sollen noch die Ergebnisse der Elementaranalyse kurz besprochen und mit Hilfe des Kohlendiagramms dargestellt werden. Letzteres ist der linke untere Abschnitt eines Dreistoffdiagramms, das die Form eines gleichschenkligen Dreiecks hat. Im Kohlendiagramm konnten die Felder für Torf, Lignit, Steinkohle und Anthrazit auf Grund von zahlreichen Analysenwerten genau abgegrenzt werden (s. Abb. 19). Zur Darstellung gelangen die Analysenwerte (in %) von C, H₂ und N₂+O₂. Vier Proben wurden analysiert. Alle vier Proben fallen in das Lignit-Feld (3). Probe 1 wurde dem k_3 -Lignit-Glied, Probe 2 dem k_2 -Lignit-Glied und die Proben 3 und 4 dem k_2 -Lignit-Glied entnommen. Die k_1 -Proben haben gegenüber den k_2 - und k_3 -Proben eine eindeutig bessere Qualität.

Manuscript received April 21, 1977

LITERATURVERZEICHNIS

- ALPAN, S. & LÜTTIG, G. (1971): The German-Turkish lignite exploration in Turkey of the years 1965 to 1969. *Newsl. Stratigr.*, 1, (3), 11-18.
- AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE (1961): Code of stratigraphic nomenclature. *A.A.P.G. Bull.*, 45, (5), 645-665.
- ARNI, P. (1942): Geologische Begutachtung des Braunkohlenlagers von Soma Madeni. (unveröffentl), *M.T.A.-Bericht* Nr. 1360, Ankara.

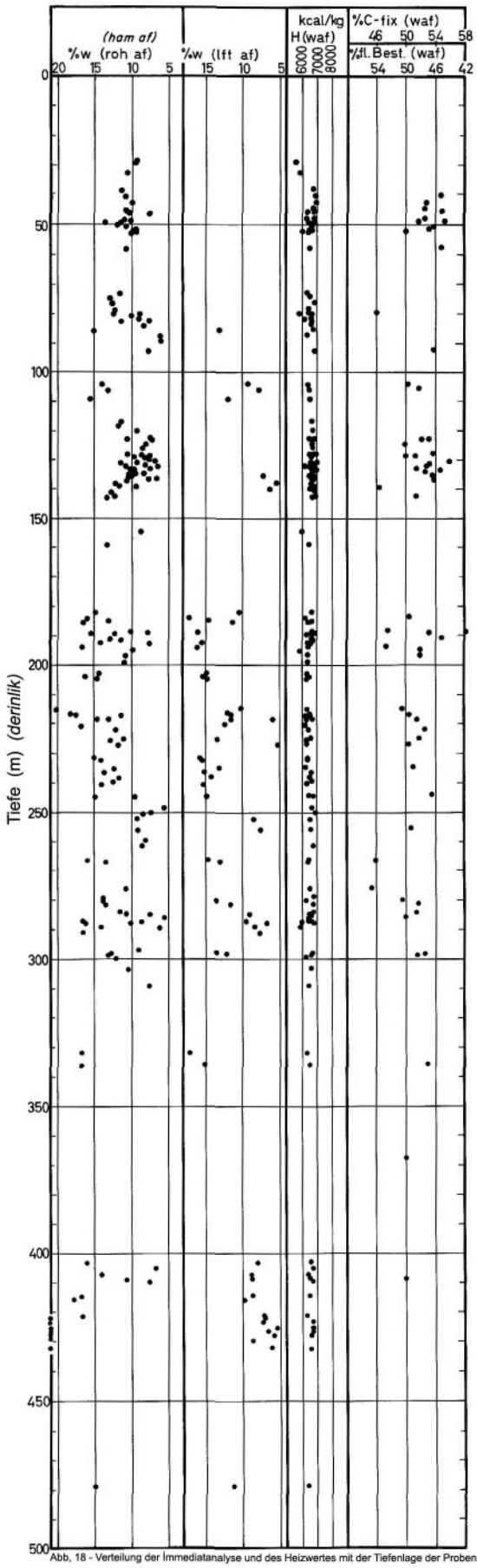
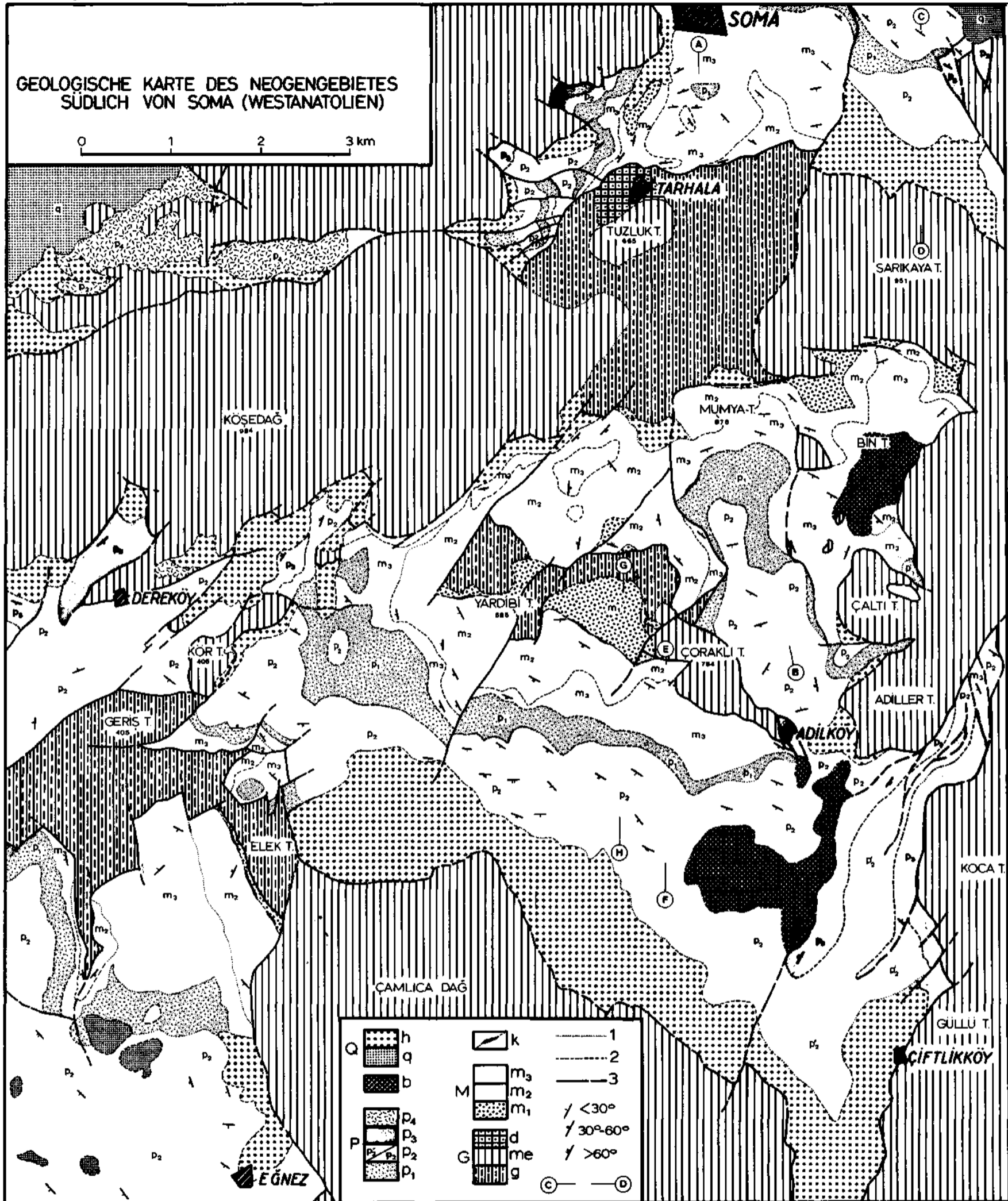


Abb. 18 - Verteilung der Immediatanalyse und des Heizwertes mit der Tiefenlage der Proben

- BECKER-PLATEN, J.D. (1970): Lithostratigraphische Untersuchungen im Känozoikum Südwest-Anatolien (Türkei). *Beih. geol. Jb.*, 97. 244 S.
- (1971): Stratigraphic division of Neogene and oldest Pleistocene in Southwest Anatolia. *Newsl. Stratigr.* 1, (3), 19-22.
- BENDA, L. (1971a): Grundzüge einer pollenanalytischen Gliederung des türkischen Jungtertiärs, *Beih. geol. Jb.*, 113, 43 S.
- (1971b): Principles of the palynologic subdivision of the Turkish Neogene. *Newsl. Stratigr.*, 1, (3), 23-26.
- BRINKMANN, R.; FEIST, R.; MARR, W.U.; NICKEL, E.; SCHLIMM, W. & WALTER, H.R. (1970): Geologie der Soma Dağları. *M.T.A. Bull.*, Nr. 74, 7-23, Ankara.
- CHAPUT, E. (1936): Voyage d'études géologiques et géomorphologiques en Turquie. *Mem. Inst. Franc. d'Arch. de Stamboul II*, Paris.
- FERSTL, H. (1959): Kurzer Bericht über die Ergebnisse der geologischen Kartierung im Neogengebiet bei und westlich Soma. *M.T.A.-Bericht*, (unveröffentl.), Ankara.
- GENCER, R. (1932): Soma linyit havzası ilk tetkikat raporu. *M.T.A.-Bericht*, Nr. 912 (unveröffentl.), Ankara.
- GEYER, O.F. (1974): Grundzüge der Stratigraphie und Fazieskunde. Schweizerbort'sche *Verlagsbuchhandlung*, Stuttgart.
- GÖKTUNALI, K. (1959): Soma'ya bağlı Eğnez köyü civarının jeolojisi hakkında. *M.T.A.-Bericht*, (unveröffentl.), Ankara.
- GRATACAP, M. (1943): Avant-projet d'aménagement general de la mine de lignite de Soma. *M.T.A.- Bericht*, Nr. 1687, (unveröffentl.), Ankara.
- HAYR, K. (1955a): Bericht über die Aufnahme 1:10000 der Umgebung von Soma. *M.T.A.- Bericht*, Nr. 3016 (unveröffentl.), Ankara.
- (1955b): Zur Geologie der Umgebung von Eğnez (Eğnez). *M.T.A.-Bericht*, Nr. 2485 (unveröffentl.), Ankara.
- (1955c): Zur Geologie des Raumes Soma-Deniş-Evciler. *M.T.A.- Bericht*, Nr.2459, (unveröffentl.), Ankara.
- KLEINSORGE, H. (1939): Vorläufiger Bericht über die geologische Untersuchung des kohlenführenden Tertiärs in der Umgebung von Soma, Vilayet Manisa. *M.T.A.- Bericht*, Nr. 937 (unveröffentl.), Ankara.
- (1940): Bericht über die geologische Untersuchung des braunkohleführenden Tertiärs in der Umgebung von Soma (Vilâyet Manisa). *M.T.A.- Bericht*, Nr. 1080 (unveröffentl.), Ankara.
- (1941): Zur Geologie der Umgebung des Braunkohlenvorkommens von Soma, Vilayet Manisa, Türkei. *M.T.A.- Publ.*, Serie A, Nr. 5, Ankara.
- NEBERT, K. (1959): Die geologischen Verhältnisse des südlich des Bakırçay liegenden braunkohlenführenden Neogengebietes von Soma (Vilayet Manisa). *M.T.A.- Bericht*, Nr. 3019 (unveröffentl.), Ankara.
- (1960a): Bericht über die Ergebnisse der im Sektor «Işıklar-Dere» (Neogengebiet von Soma) ausgeführten Bohrarbeiten. *M.T.A.- Bericht*, Nr. 3015 (unveröffentl.), Ankara.
- (1960b): Bericht über die Ergebnisse der im Sektor «Eğnez» (Neogengebiet von Soma) ausgeführten Bohrarbeiten. *M.T.A.- Bericht*, Nr. 3026 (unveröffentl.), Ankara.
- (1960c): Bericht über die Ergebnisse der im Sektor «Soma» (Neogengebiet von Soma) ausgeführten Bohrarbeiten. *M.T.A.- Bericht*, Nr. 3027 (unveröffentl.), Ankara.
- (1960d): Der geologische Bau des sich nördlich vom Bakırçay ausdehnenden, braunkohleführenden Neogengebietes von Soma (Vilayet Manisa). *M.T.A.- Bericht*, Nr. 2999 (unveröffentl.), Ankara.
- (1960e): Bericht über die Ergebnisse der im Abschnitt «Mumya Tepe-Adilköy» (G.L.I.-Soma) ausgeführten Bohrarbeiten. *M.T.A.- Bericht*, Nr. 2950 (unveröffentl.), Ankara.

- Karl NEBERT (1960f): Vergleichende Stratigraphie und Tektonik der lignitführenden Neogengebiete westlich und nördlich von Tavşanlı. *M.T.A.- Bull.* Nr. 54, Ankara.
- (1961): Die geologische und montangeologische-Situation des lignitführenden Neogengebietes von Deniz (Kaza Soma, Vilayet Manisa). *M.T.A.- Bericht*, Nr. 2948 (unveröffentl.), Ankara.
- (1975): Horizontalbewegungen im Braunkohlengebiet von Soma (Westanatolien). *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum*, H. 35, Graz.
- PHILIPPSON, A. (1910): Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien. *Peterm. Mitt. Erg.* Heft 167. Gotha.
- ROMBERG, H. (1940a): Vorläufiger Bericht über die Bohrungen auf Braunkohle für die Etibank in Soma. *M.T.A.- Bericht*, Nr. 1054 (unveröffentl.), Ankara.
- (1940b): Bericht über die Schürfarbeiten auf Braunkohle in der Umgebung von Soma, Vilayet Manisa. *M.T.A.- Bericht*, Nr. 1101 (unveröffentl.), Ankara.
- (1941): Zweiter Zwischenbericht über die Bohrungen in Soma. *M.T.A.- Bericht*, (unveröffentl.), Ankara.
- SCHWEIZERISCHE GEOLOGISCHE KOMMISSION (1973): Empfehlungen zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur in der Schweiz. *Eclogae geol. Helv.*, 66, (2), 479-492.
- STEFFENS, P. (1971): Remarks on the Upper Cenozoic of West Anatolia. *Newsl. Stratigr.*, 1, (3), 47-50.
- TURNER, F.J. & WEISS, L.E. (1963): Structural analysis of metamorphic tectonites. *McGraw-Hill Book Company*.
- WELLER, J.M. (1930): Cyclical Sedimentation of the Pennsylvanian period and its significance. *J. Geol.* 38, 97-135.

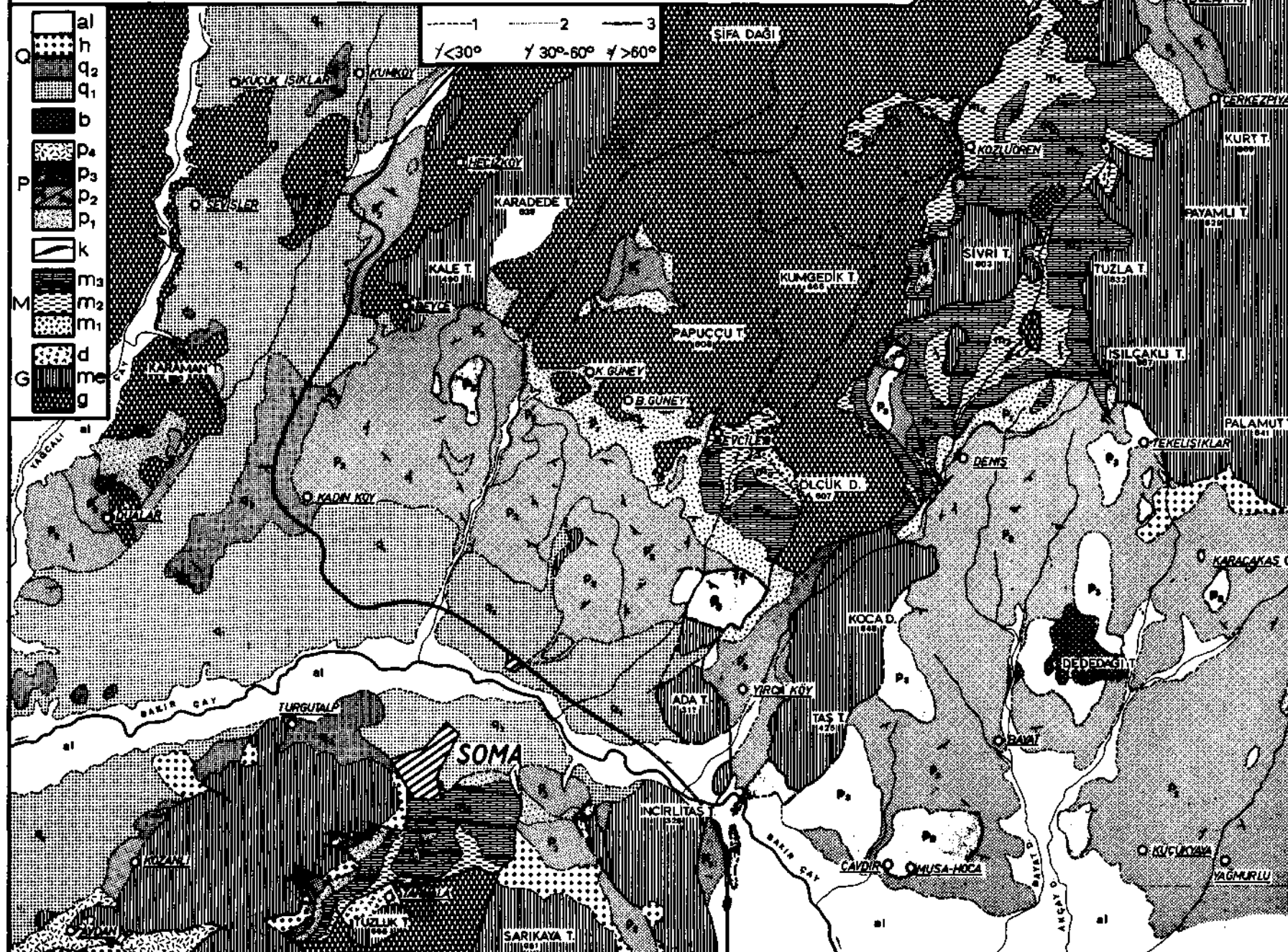


Tafel I - G = Grundgebirge; g = Grauwacken; me = mesozoische Kalksteine; d = Diabas. M = Soma-Formation; m₁ = Basal-Glied; m₂ = Mergel-Glied; m₃ = Kalkstein-Glied
 k = Kohlenausbiss. p = Deniz-Formation; p₁ = Sand-Ton-Glied; p₂ = Tuff-Mergel-Glied; p₃ = Kieselkalk-Glied; p₄ = Tuff-Agglomerat-Glied. b = Basalt. Q = Quar
 q = Pleistozän; h = Hangschutt. 1, 2 und 3 = geologische Grenzen. C-D = Lage der Profile.

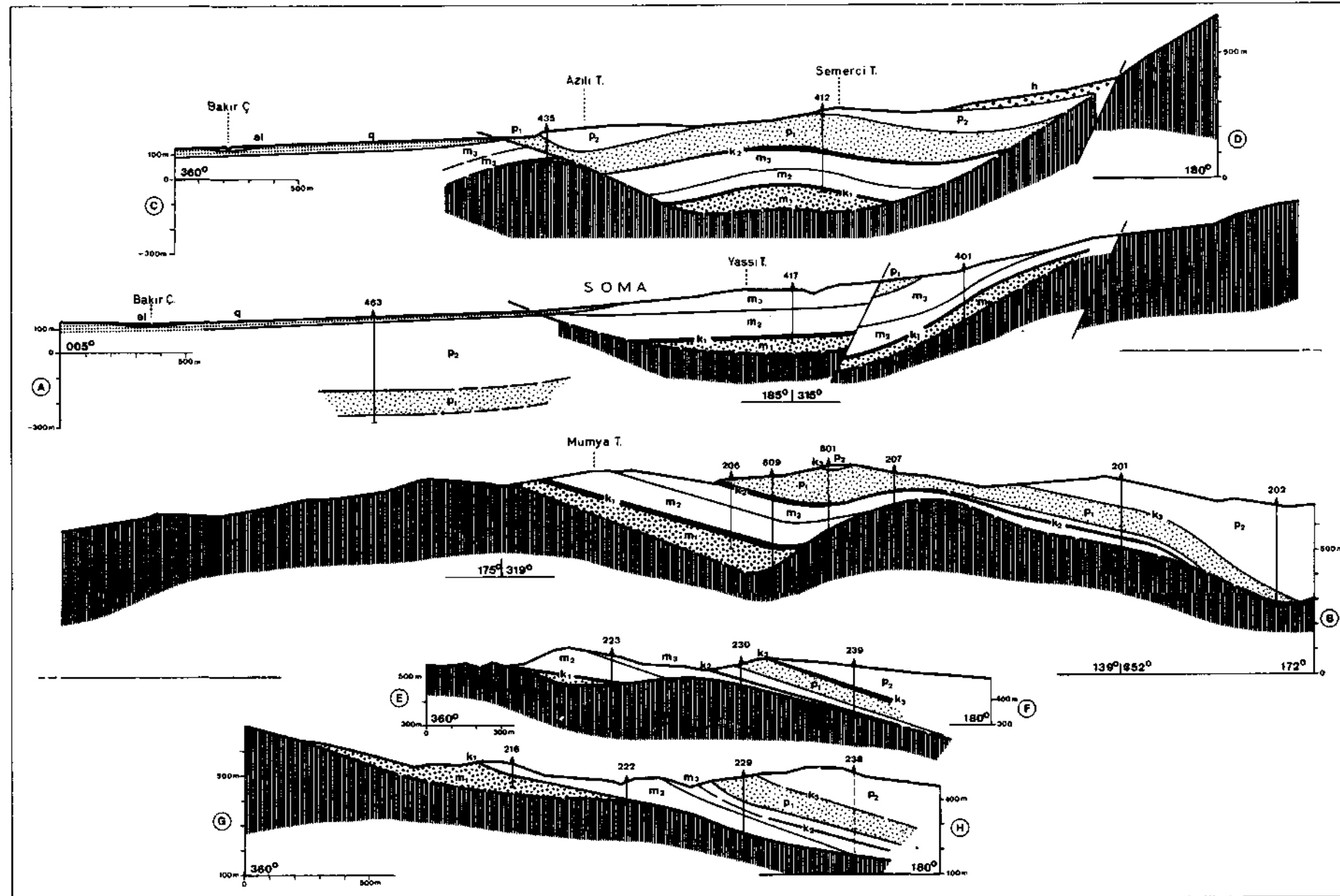
GEOLOGISCHE KARTE DES NEOGENGEBIETES NÖRDLICH VON SOMA
(WESTANATOLIEN)

1:50.000

0 1 2 3 4 5 km



Tafel II - G = Grundgebirge; g = Grauwacken; me = mesozoische Kalksteine; d = Diabas. M = Soma-Formation; m₁ = Basal-Glied; m₂ = Mergel-Glied; m₃ = Kalkstein-Glied; k = Kohlenausbiss. p = Deniz-Formation; p₁ = Sand-Ton-Glied; p₂ = Tuff-Mergel-Glied; p₃ = Kieselkalk-Glied; p₄ = Tuff-Agglomerat-Glied. b = Basalt. Q = Quartär; q₁ = Basal-Glied; q₂ = Kalk-Glied; h = Hangschutt; al = Alluvionen. 1,2 und 3 = geologische Grenzen.



Tafel III - Geologische Profile durch das südliche Neogengebiet von Soma. Lage der Profile s. Tafel I. Erläuterungen der stratigraphischen Symbole s. Text und Tafel I.



Foto 1 - Tuzluk Tepe bei Soma. Mesozoische Kalke auf Grauwacken.



Foto 2 - Tuzluk Tepe (Soma). Mesozoische Kalke mit Kiesellagen.

KarlNEBERT



Foto 3 - Der untere Abschnitt des Basal-Gliedes (m_1) wird von einer horizontal verlaufenden Abscherungsfläche (Pfeile) durchsetzt. Der Aufschluss liegt etwa 1.5 km ENE von Evciler. Länge des Hammerstiels: 40 cm.



Foto 4 - Unteres Lignit-Glied (k_1) und Mergel-Glied (m_2). Tagebau im Işıklar-Dere-Kompartiment.



Foto 5 - Flache Abschiebung im k_1 -Lignit-Glied. Tagebau Elmalt.

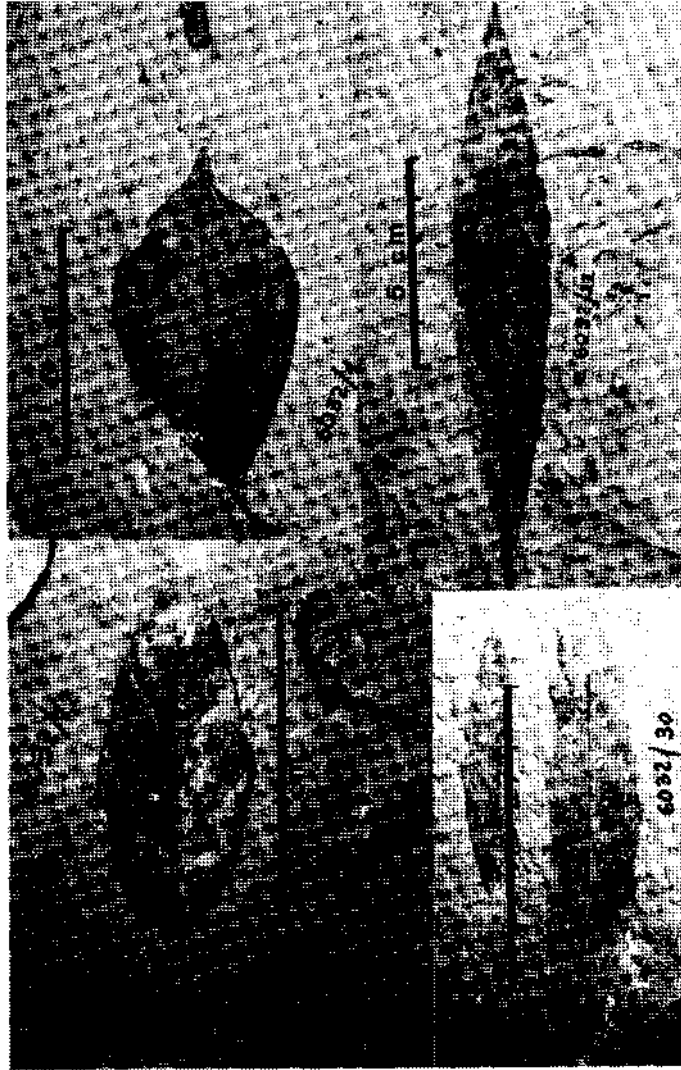


Foto 6 - Blattabdrücke aus den Mergeln des m₂-Gliedes.

6032/1 = *Cinnamomum polymorphum* (WEB.) WLD.; 6032/22 =
Magnolia ludwigii ETT.; 6032/12: *Laurophyllum princeps* HEER;
6032/30: = *Myrica lignitum* (UNG.) SAP. Fundort: Tarhala, Soma.



**Foto 7 --Tuffe des p_2 -Gliedes, aufgeschlossen bei Yırca Köy (Kadinköy -
Kompartiment). Über den hellweissen Tuffen liegt eine dunkle
Decke aus vulkanischen Brekzien.**

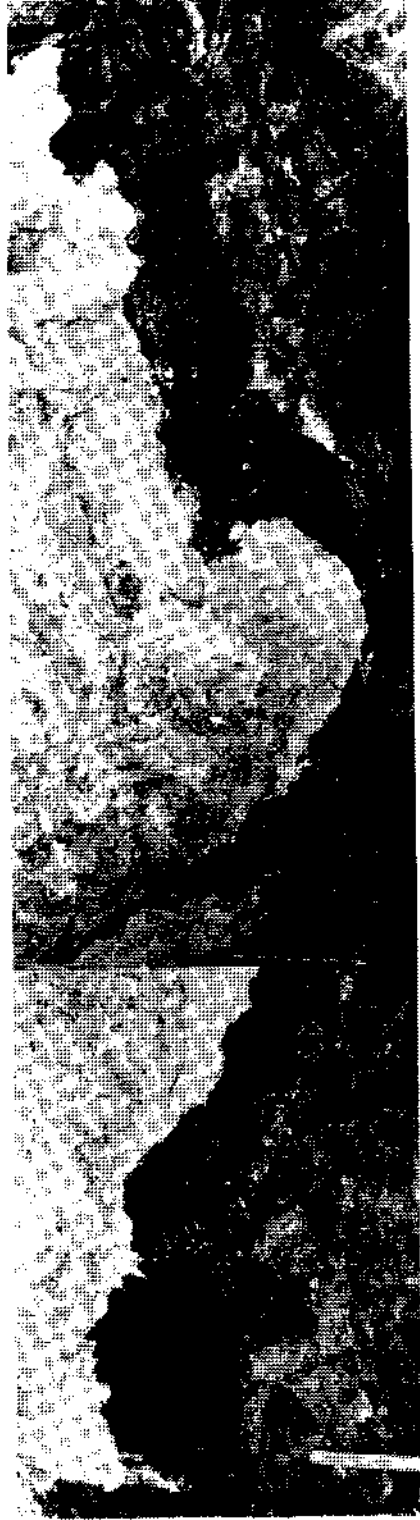
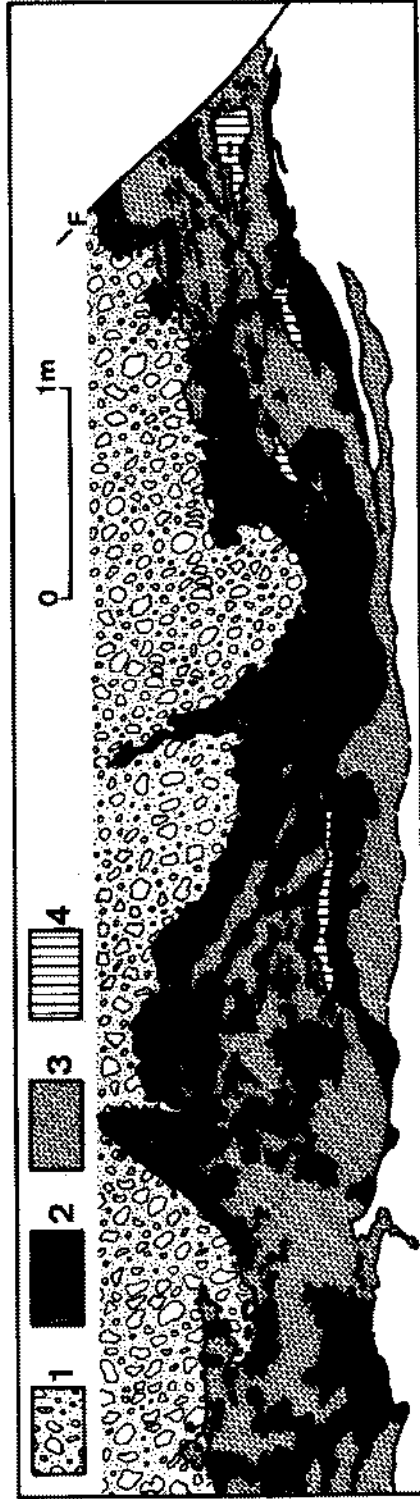


Foto 8 - Zersichertes Lignit-Glied (K_1) in einem Schurfstollen des Koziubren-Kompartimentes. Oben: 1 = tektonische Brekzie, 2 = Kohlenstaub; 3 = mit Kohle vermengter Ton; 4 = m_2 -Mergel. Unten: Teilausschnitt.

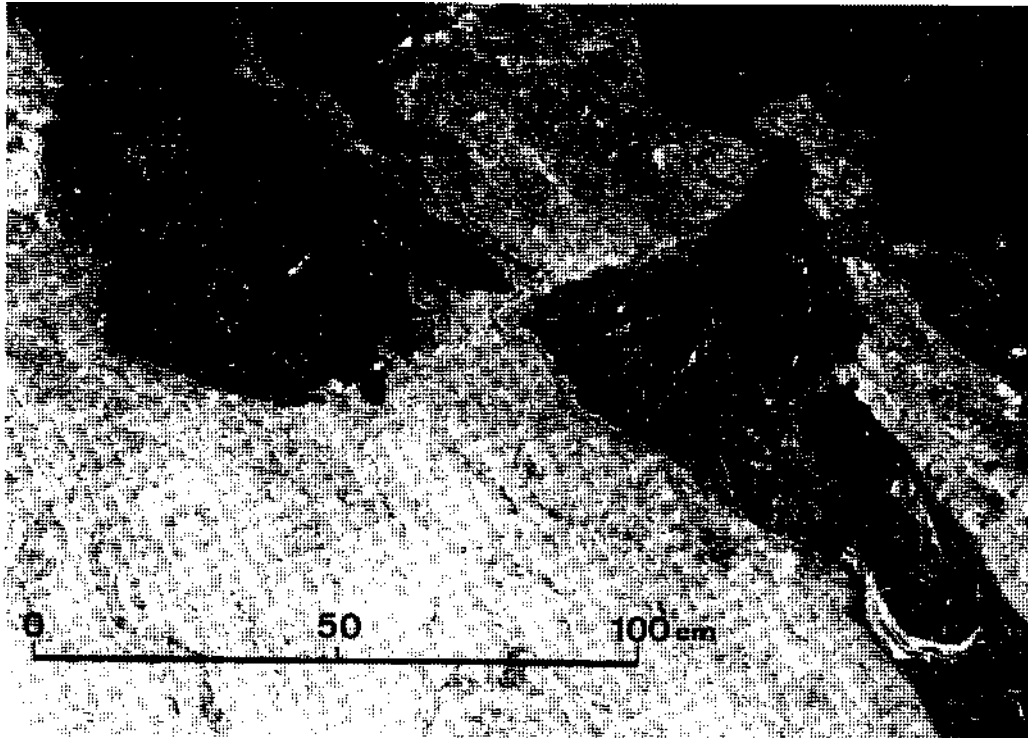


Foto 9 - Tektonische Melange, bestehend aus Kohlenrömmern des Unteren Lignit-Gliedes (k_1) und den zu einer tektonischen Brekzie umgewandelten m_2 -Mergeln. Der Aufschluss liegt etwa 1 km nördlich der Ortschaft Kozluören.



Foto 10 - Nahezu horizontal verlaufende Hornschichtstreifen an einer steil einfallenden Hornschichtfläche, die das k_1 -Lignit-Glied (linke Bildseite) von den Mergeln des m_2 -Gliedes trennt (rechte Bildseite). Tagebau Elmali.

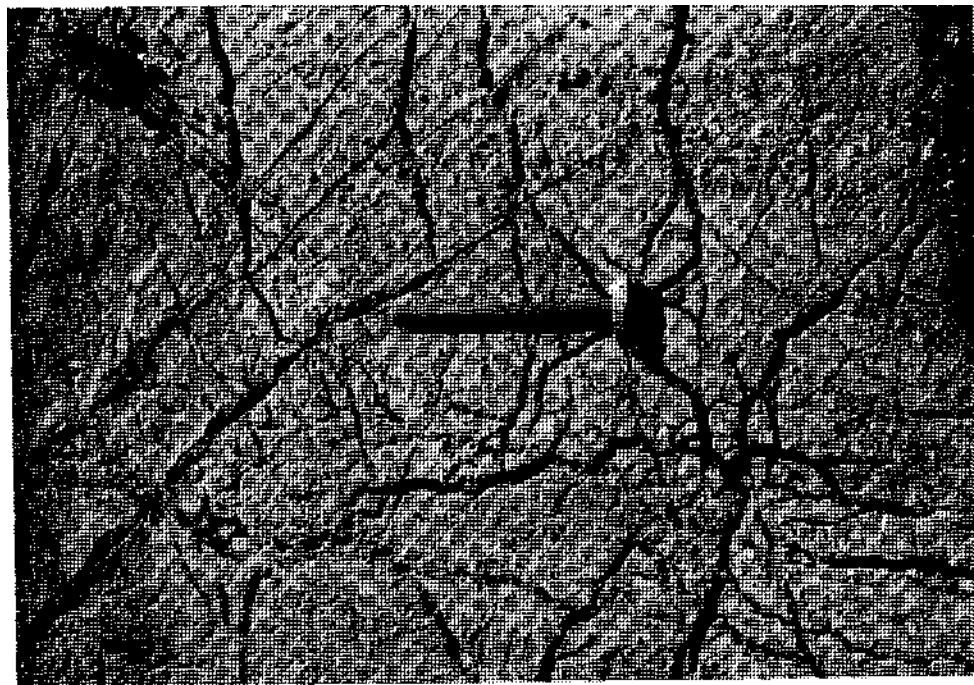


Foto 11 - Kataklastisches Gefüge auf einer horizontalen Abscherungsfläche innerhalb eines mesozoischen Kalksteine des Grundgebirges. Der Aufschluss liegt zwischen dem Dorf Adilköy und der Stadt Kirkağaç (s. Abb. 2). Länge des Hammerstiels: 40 cm.

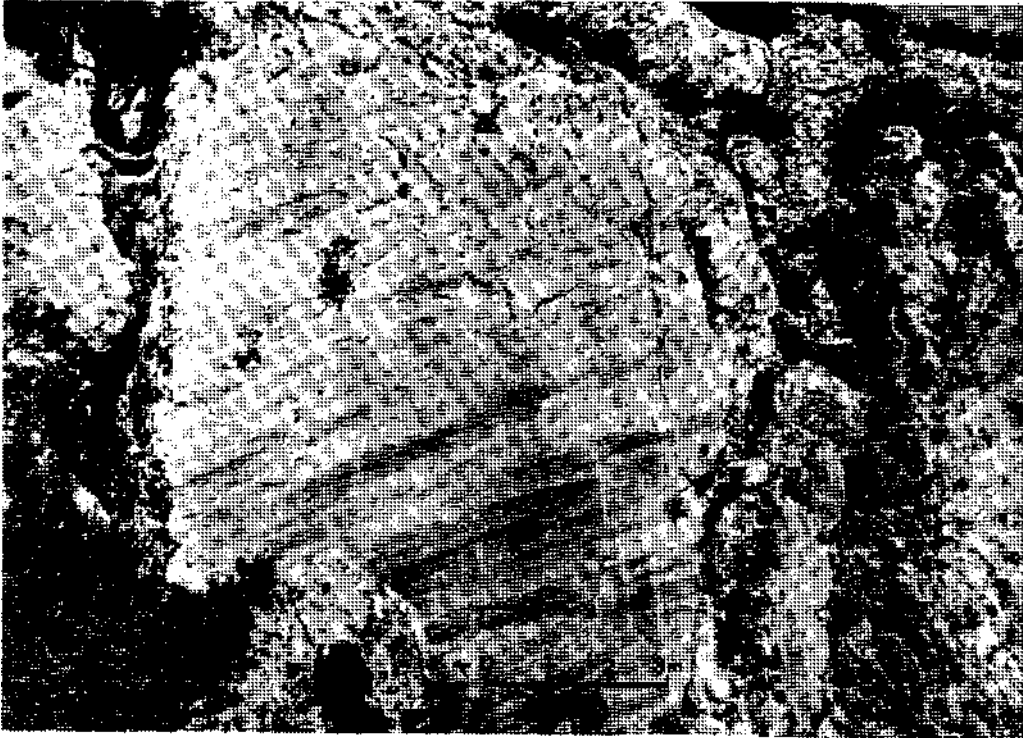


Foto 12 - Steilstehende Harnischflächen mit horizontal verlaufenden Harnischstreifen in mesozoischen Kalken des Köşe Dağ. Der Aufschluss liegt etwa 1,5 km südwestlich von Köşe Dağ.



Foto 13 - Steilstehende Harnischfläche (Pfeile) zerlegten die mesozoische Kalksteinmasse in einzelne tektonische Kleinschollen. Der Aufschluss befindet sich in der Nähe des Aufschlusses in Foto 12.