

# EIN VERSUCH, DIE ENTSTEHUNG DER PHOSPHORITE AUS DEM RAUM VON LINZ ZU KLÄREN

(Mit 7 Textabbildungen und 32 Abb. auf Taf. XXIX–XXXIII)

Von Franz Spillmann

## Inhaltsübersicht

	Seite
Vorwort	251
1. Organogene Mineralien	252
2. Hypothetische Vorstellungen über die Genese der Phosphorite von Prambachkirchen	255
3. Sind die Phosphorite von Prambachkirchen fossiler Guano?	258
4. Mikroskopische Untersuchungen der Phosphorite von Prambachkirchen	265
5. Ergänzende Daten über die Guanovögel	270
6. Die geologischen Verhältnisse der Phosphoritlagerstätten von Prambachkirchen und palaeoklimatologische Überlegungen	272
7. Zusammenfassung	277
8. Literaturnachweise	279

## Vorwort

Vergleichende Untersuchungen der rezenten Vogelexkreme von den Phosphatlagerstätten der peruanischen Guano-Inseln, mit den in Form und Zusammensetzung weitgehend übereinstimmenden Phosphoriten von Prambachkirchen in Oberösterreich, schließen die Vermutungen nicht aus, daß die Entstehung letzterer ähnlich ersterer gewesen sein könnte.

Gebührenden Dank schulde ich der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien, die mir für dieses Vorhaben eine Subvention bewilligte. Ebenso bin ich Herrn Univ.-Prof. Dr. H. Zapfe für seine Hinweise zwecks Alterseinstufung der Phosphorite von Prambachkirchen, im Zusammenhang mit palaeoklimatischen Überlegungen, sehr zu Dank verpflichtet. Auch dem Direktor des Oberösterreichischen Landesmuseums,

Herrn Hofrat Dr. W. Freh danke ich für die Liebenswürdigkeit, mir das umfangreiche, von Dr. J. Schadler gesammelte Phosphoritmaterial zur Untersuchung überlassen zu haben. Sehr verbunden bin ich schließlich auch Herrn Ing. Steinrück der Optischen Werke C. Reichert in Wien, für die leihweise Überlassung einer Mikrophotokamera.

### 1. Organogene Mineralien

Es ist bekannt, daß gewisse Elemente, wie etwa der Phosphor und das Vanadium seit ihrer Ausscheidung während der Erstkristallisierung des liquiden Magmas, bis zur Vollendung ihres Kreislaufes, auffallend ähnliche Wege einschlagen, um organogene Mineralien zu bilden. Bereits in der Tiefe der Erdkruste haben beide einen fast identischen Werdegang aufzuweisen. So tritt der Phosphor als Chlor- oder Fluorverbindung, meist aber als isomorphe Mischung beider in Form von Apatit, als akzessorischer Gemengteil der Eruptivgesteine auf. Die Ausscheidung dieses aus den Silikatmagmen wird jedoch während der Hauptkristallisation vollkommen unterbunden, so daß die aus den magmatischen Restlösungen entstandenen Pegmatite wesentlich reicher an Phosphaten sein können und sogar manchmal zu Apatitlagerstätten angereichert werden. Im Verlauf der Verwitterung gehen diese Phosphate in lösliche Verbindungen über, die von den Pflanzen aufgenommen und im tierischen Organismus stärker konzentriert werden. Auf diese Weise können auf örtlich beschränkten Räumen, dort wo größere Mengen von Tieren lebten oder leben, organogene Phosphorite zu Lagerstätten werden.

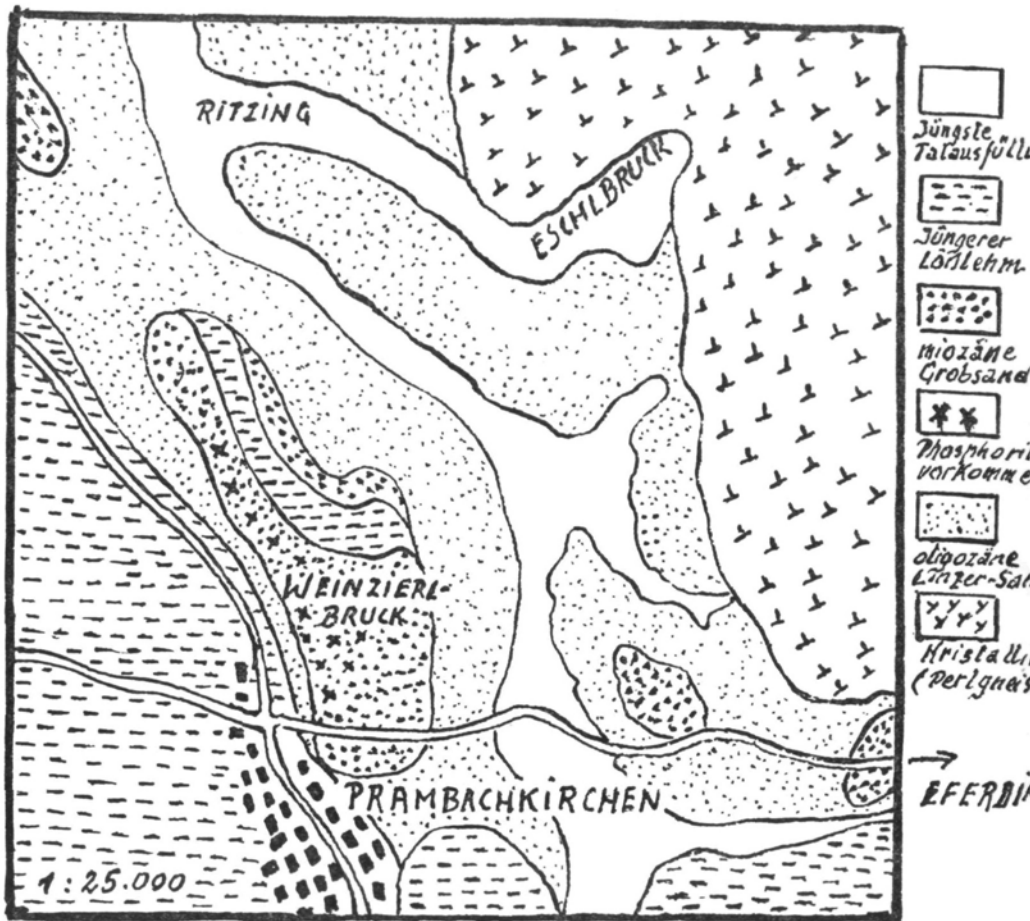
Fast derselbe Kreislauf ist auch für das Vanadium festgestellt worden, das sich ebenfalls in Form anorganischer Verbindungen der Vanadinsäure im tierischen Organismus anreichern kann, wie z. B. im Blut der Holothurien, das etwa 18,5 % Vanadiumpentoxyd enthält. Deshalb finden sich bemerkenswerte Vanadiumverbindungen meist nur in Zersetzungsrückständen organischer Massen, wie etwa die unvollständig oxydierten bituminösen Asphaltite der Unterkreide in den Zentralanden von Peru, in der Nähe von Cerro de Pasco (Minasragras und Sincos). Die wahre Ursache dieser Vanadiumkonzentration, bestehend aus den Kalziumvanaditen Pascoit, Pintadoit und Hevettit, dem Vanadiumphosphat Sincotit sowie das Vanadiumsulfid Patronit, ist bisher nicht nachweisbar. Es scheint jedoch kein Zufall zu sein, daß an der Wende Jura-Kreide verschiedentlich ein massenhaftes Auftreten von Skleriten der Holothurien festgestellt werden konnte. Einst wie jetzt lebten und leben in riesiger Zahl, besonders in tropischen Regionen, meist dicht gedrängt, die Seegurken an schlammigen und sandigen Küsten. Demzufolge könnte man die Frage aufwerfen, ob diese Tie-

re vielleicht doch an der Entstehung dieser Vanadiumvorkommen beteiligt gewesen seien.

Was nun die Phosphorite der Grobsande aus dem Raum um Linz betrifft, so muß in erster Linie ihre flözartige Ausbildung im Gegensatz zu den metasomatischen Lagerstätten festgestellt werden. Letztere sind immer an Kalkstein oder Dolomit gebunden und sind erst durch den Chemismus überlagernder, phosphathaltiger Massen entstanden. Derartige Phosphorite, ähnlich dem Sombreit der Korallenkalke der Atollen von den Westindischen Inseln, hat A. Heim für das europäische Eozän bei Steinbach, in der Nähe von Einsiedeln in der Schweiz, nachgewiesen. Heim nimmt an, daß es durch die Einwirkung von *Guanomassen* auf den darunterliegenden Korallenkalk zur Entstehung dieser gekommen sein müßte. Vorbedingung wäre jedoch die Existenz einer ichthyophagen Vogelwelt, die ähnlich den rezenten Guanovögeln in geschlossenen Kolonien lebte, und ein sehr trockenes Klima mit geringen periodischen Niederschlägen. Nur dadurch wäre es möglich gewesen, daß sich eine größere Menge von Guano ansammeln konnte, deren lösliche Phosphate in die Tiefe abwanderten, und daß die restlichen Guanomassen später aufgearbeitet wurden. Derartige Vorkommen sind immer von geringer Ausdehnung und sehr wechselnder Mächtigkeit; ihr Alter ist tertiär bis rezent.

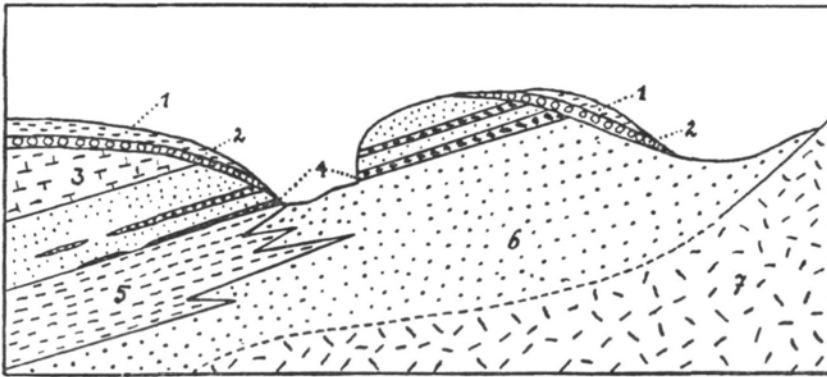
Mit diesen metasomatischen Lagerstätten ist das flözartige Auftreten von Phosphoriten, wie unter anderem das von Prambachkirchen und Pleaching in Oberösterreich, nicht zu identifizieren, die, wenn auch umgelagert, deutlich die einstigen Guanobänke erkennen lassen. Sie bestehen, ähnlich dem rezenten Guano, aus konglomeratisch vereinten Kotballen und repräsentieren eine erdige Varietät der Phosphorite von dichtem Gefüge und licht- bis dunkelbrauner Farbe. Flözartige Lagerstätten sind unter anderen die Phosphorite von Algier, von Quercy, die aus dem Somme- und Allierdepartement, jene aus dem Mainzer Becken und die von Südrußland zwischen Wolga und Dnjepr, die alle unter der Voraussetzung eines ariden Klimas entstanden sein mußten. Vereinzelt Funde fossiler Vogeleier und Federabdrücke aus den oberoligozänen bis aquitanen Phosphoriten des Mainzer Beckens und Allier, sowie ihr örtlich begrenztes Vorkommen im allgemeinen, würde dafür sprechen, daß sie kontinentalen, wahrscheinlich sogar insularen Ursprungs sind.

Nach Behrend und Berg ist die Entstehung der Phosphorite im wesentlichen auf eine Konzentration von Phosphaten aus dem Stoffwechselprozeß von tierischen Organismen, speziell von Wirbeltieren, zurückzuführen. Die über das Pflanzenreich aufgenommenen Phosphate werden im Wirbeltierorganismus in erheblichen Mengen in diversen Geweben und ganz besonders zum Aufbau ihres Skelettsystems angereichert. Bei den Karnivoren und ganz besonders bei den ichthyophagen Wirbeltieren, die mit



Textabb. 1: Die geologischen Verhältnisse der Phosphoritvorkommen bei Prambachkirchen in Oberösterreich

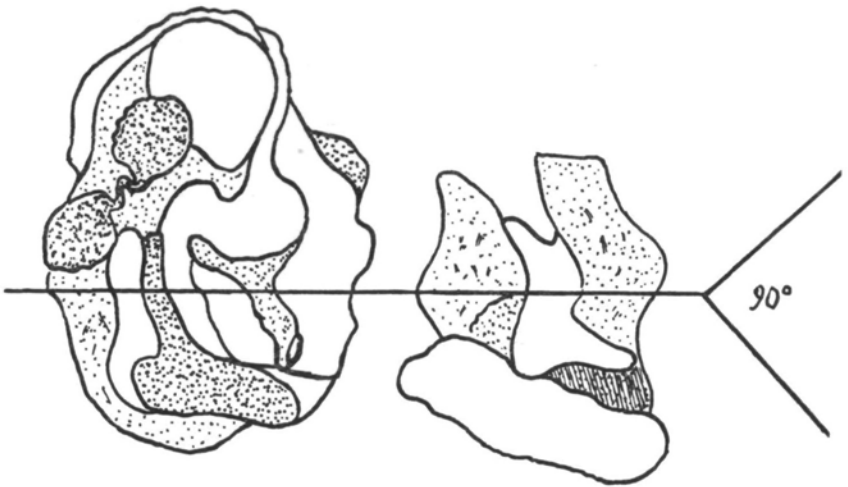
ihrer Nahrung weit größere Mengen von Phosphaten aufnehmen als die Pflanzenfresser, wird über den Stoffwechsel der oft bedeutende Überschuss dieser wieder ausgeschieden, wodurch es zu einer wesentlichen Anreicherung des Phosphorgehaltes in den Exkrementen kommen kann. Der auffallend hohe Phosphatgehalt dieser erdigen Varietät der Phosphorite und ihre koprolithische Ausbildung, ähnlich dem Vogelguano, fände in diesem Zusammenhang eine Erklärung im Bezug auf ihre Genese.



Textabb. 2: Geologischer Schnitt durch das Phosphoritvorkommen bei Prambachkirchen in Oberösterreich (nach Schadler). 1=eiszeitlicher Lehm - 2=unterpliozäne und obermiozäne Quarzschotter - 3=miozäner Mergel (Miozän-Schlier) - 4=Phosphoritsande (Burdigal) mit Phosphoritknollen an der Basis - 5=Oberoligozäner Schiefertone - 6=Linzer Sande (Strandsande - Chatt) - 7=Kristallines Grundgebirge

## 2. Hypothetische Vorstellungen über die Genese der Phosphorite von Prambachkirchen

Die Phosphorite von Prambachkirchen wurden von ihrem Entdecker Dr. Josef Schadler als ursprünglich in den oberoligozänen Schiefertonen gebildete, diagenetische Konkretionen angesehen, die in abgeschlossenen, überdüngten Meeresböden ausgefällt wurden. Ihr Muttergestein wäre dementsprechend der dichte bis dünnblättrige Schlier von graubrauner bis dunkel schwarzbrauner Farbe gewesen, der gegen das kristalline Grundgebirge auskeilt und in die Linzer Sande übergeht. Während der burdigalen Transgression seien die küstennahen Schiefertone und mit ihnen auch ein Teil der Linzer Sande aufgearbeitet worden, wodurch die Phosphorite aus ihrem Verband gelöst und umgelagert wurden. Auf diese Weise entstanden die untermiozänen Grobsande, an deren Basis die umgelagerten Phosphorite aus den Schiefertonen angereichert wurden. Wegen dieses Vorkommens von Phosphoritknollen werden diese Grobsande auch als Phosphoritsande bezeichnet. Bemerkenswert ist jedoch, daß nicht alle dieser Phosphoritsande, die meist die feinkörnigeren Linzer Sande überlagern, Phosphorite führen. Vielmehr kennen wir bisher nur zwei Fundstellen im weiten Verlauf der einst buchtenreichen Riasküste des Tertiärmeeres von Oberösterreich, und zwar jene nächst den Ortschaften Prambachkirchen (Textabb. 1 und 2) und Plesching. Auch das Vorkommen von Phosphoriten in den mergeligen Schiefertönen, das nur aus der unmittelbaren Umgebung genannter Fundorte bekannt wurde, nimmt beckenwärts auffallend rasch ab, wo



Textabb. 3: Angeschliffene Phosphoritknollen; sie bestehen aus koprolithförmigen Kleinknollen; nat. Gr.

sie, je weiter von der ehemaligen Küste entfernt, immer kleiner und seltener werden.

Die nach Schadler auf primärer Lagerstätte auftretenden Phosphorite der oberoligozänen Schiefertone seien auf fossile Säugetierexkreme zurückzuführen. Sie lösen sich leicht aus ihrem Muttergestein und besitzen im Gegensatz zu den Phosphoriten aus den Grobsanden keine scharfe randliche Begrenzung, obgleich sie, ihr Gefüge betreffend, sehr ähnlich sind. Sie unterscheiden sich ferner von letzteren durch einen durchschnittlich viel niedrigeren Phosphatgehalt und geringere Größe, obwohl für sie ein gemeinsamer Ursprung angenommen wird. Die Phosphorite aus den Grobsanden haben, soweit es sich nicht um Einzelkotballen handelt, meist einen Durchmesser von mehr als 10 cm und ihr Phosphatgehalt kann bis zu 26,2 % ansteigen. Die mittlere Größe der Phosphorite aus dem Schiefer-ton liegt zwischen 2 und 5 cm und ihr Phosphatgehalt erreicht oft kaum 2,0 %. Großknollen, die nur in den Grobsanden zu finden sind und oft mehr als 7 kg wiegen, haben das Aussehen von zerbrochenen Platten, ohne daß sich ihr Gefüge aus annähernd gleichgroßen Einzelknollen ändert. An ihrer Unterseite kann man feststellen, daß sie zapfenförmig, von oben nach unten in einen grobsandigen Geröllboden hineingewachsen sind, worauf nach oben mehrere Phosphatausscheidungen folgen. Die Oberseite dieser plattenförmigen Phosphorite weist verschiedentlich wulstige Gebilde auf, die an Koprolithen erinnern (Textabb. 3–5). Die durch eine Phosphatsubstanz zu größeren Klumpen verkitteten Einzelknollen enthalten hin und



Textabb. 4: Vertikaler Anschlag eines Phosphoritknollen auf einer grobsandigen Unterlage mit zapfenförmigen, nach unten gerichteten Fortsätzen; nat. Gr.

wieder phosphatisiertes Holz, das vereinzelt siebartig von Bohrwürmern (*Teredo spec.*) durchlöchert ist, was erkennen läßt, daß es sich um Treibholz gehandelt haben muß, das an die Meeresküste angeschwemmt wurde. Der Großteil dieser Löcher ist von Phosphaten ausgefüllt, das Holz selbst jedoch wurde durch die Phosphatisierung soweit verändert, daß nur mehr Rindenreste mit Abdrücken von vereinzelt Holzfasern zu erkennen sind. Ein Gewirr feinsten Röhrchen mit einem ziemlich konstant bleibenden Durchmesser von annähernd 0,1 mm durchzieht die Einzelknollen, die von deren Oberfläche ins Innere eindringt. Man hat sie als Fraß- oder Bohrgänge von kleinsten Lebewesen angesehen, die in die noch weiche, gelförmige Phosphoritmasse eingedrungen waren.

In den oligozänen Schiefertönen und Schiefermergeln, dem angeblich ursprünglichen Muttergestein der Phosphoritknollen, sind außer Mineral-konkretionen, wie Dolomit (Schliersteine), Menilit, Schwefelkies und den Phosphoriten auch Fossilreste, wie Fischschuppen (*Meletta sardinites*), Foraminiferen und verkohlte Pflanzenreste nachgewiesen worden. Eine mikroskopische Untersuchung dieser Phosphorite, die im wesentlichen aus Kalziumphosphat bestehen, wurde nicht durchgeführt und man begnügte sich, die feinerdigen, rundlichwulstigen Einzelknollen als fossile Kotballen von Landsäugetieren zu identifizieren.

Diesen Vorstellungen über die vermutliche Genese der Phosphorite von Prambachkirchen liegen eindeutig konkretionäre Vorgänge zu Grunde, das heißt, daß diese kugeligen bis knolligen Phosphatmassen durch örtliche Ansammlung von entsprechenden Mineralstoffen, gleichzeitig mit ihrem Muttergestein gebildet worden seien. Widersprechend diesen Vorstellungen findet man gleichzeitig die Beurteilung einzelner Phosphoritknollen als Koprolithe, sei es jener der Schiefertone, sei es der der Phosphorite aus den

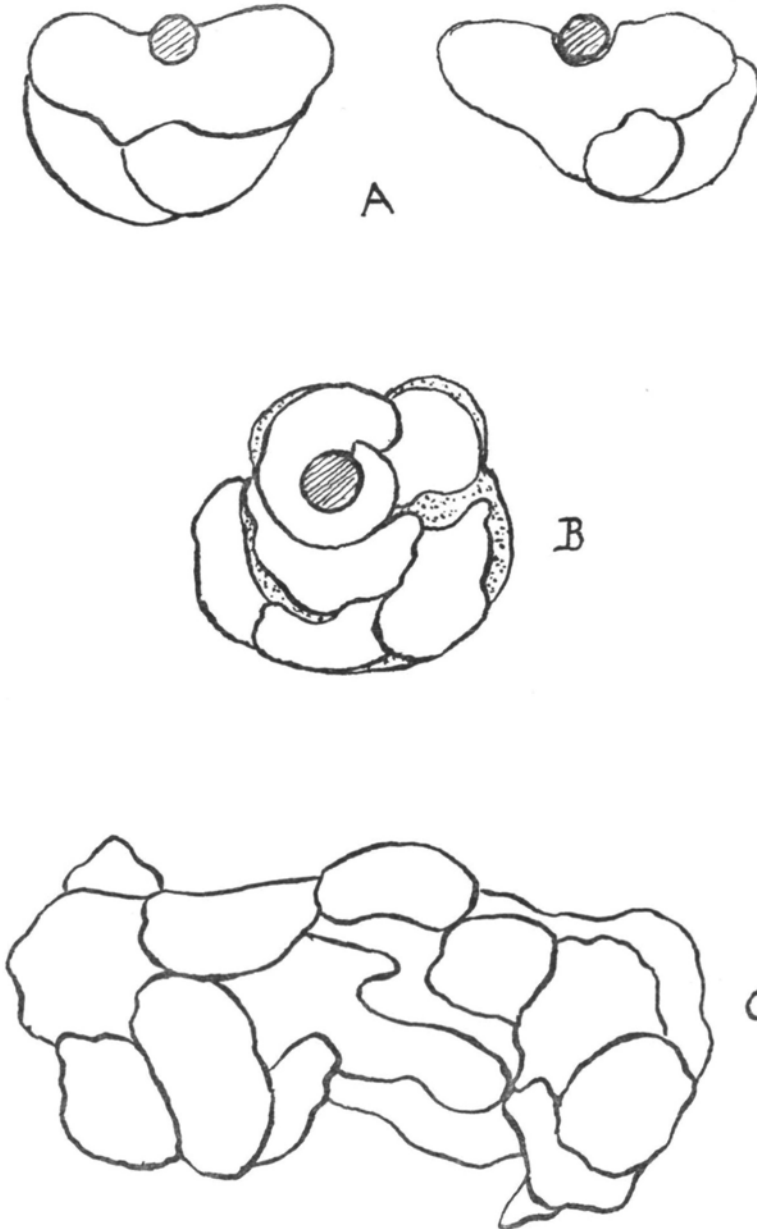
untermiozänen Grobsanden und widersprechend ist außerdem die Annahme der Anwesenheit von kleinen Lebewesen, die in der noch gelförmigen, konkretionären Phosphatmasse ihre Fraß- bzw. Bohrgänge ausgebildet haben sollen.

### 3. Sind die Phosphorite von Prambachkirchen fossiler Guano?

Die Beurteilung der Genese der Phosphorite von Prambachkirchen, wie sie bisher auszulegen versucht wurde, kennzeichnet sich, wie schon angedeutet, durch verschiedene sich widersprechende Beobachtungen. Ausgehend von vergleichenden Untersuchungen zwischen dem rezenten und subfossilen Guano von den peruanischen Vogelinseln und den Phosphoriten aus dem Raum um Linz, habe ich wegen ihrer Ähnlichkeit in makro- und mikroskopischem Aufbau und ihres insularen Vorkommens bereits 1952 die Vermutung ausgesprochen, daß auch diese Phosphorite fossiler Guano sein könnten. Da mir damals ein größeres Material an jenen Phosphaten nicht zur Verfügung stand, konnten weitere Untersuchungen nicht vorgenommen werden, die ich nun zur Klärung dieses interessanten Problems ergänzen will.

Die koprolithische und damit organogene Natur dieser Phosphorite hat teilweise schon Schadler erkennen müssen. Er nahm aber an, daß es wahrscheinlich die Exkreme von Landsäugetieren waren, die sich in so großen Massen in den küstennahen Meeresböden anreicherten, daß es in deren tonigen Sedimenten zu konkretionären Phosphatausscheidungen gekommen sein mußte. Diese Vermutung widerspricht jedoch der Tatsache, daß es nachweislich zu keiner Zeit ein derartiges Massenvorkommen von Exkrementen, sei es von Land- sei es von Meeressäugetieren, gegeben hat, da dies eine Massenpopulation dieser Tiere auf engstem Raum zur Voraussetzung hätte. An der Grenze vom Alt- zum Jungtertiär vollzog sich bekanntlich der Niedergang der Creodontia, von denen im Oberoligozän nur mehr fuchs- bis wolfgroße Arten überlebten, wie etwa Vertreter der Gattung *Hyaenodon* oder *Apterodon*. Die im Obereozän erstmals auftretenden *Fissipedia* sind im Oligozän ebenfalls nur durch relativ kleine Raubtiere von Marder- bis Fuchsgröße vertreten und zwar durch primitive Formen der *Canidae*, *Mustelidae*, *Viverridae* und *Felidae*. Neben diesen für unsere Betrachtungen kaum in Frage kommenden relativ seltenen Fleischfressern charakterisiert sich die oligozäne Säugetierfauna durch meist mittelgroße bis sehr große Pflanzenfresser unter den Landsäugetieren. Die bekanntesten mittelgroßen Pflanzenfresser sind Vertreter der *Tragulinae* (*Lophiomeryx*), der *Cervulinae* (*Dremotherium*, *Amphitragulus*), der selenodonten Ungulaten (*Caenotherium*, *Plesiomeryx*), der *Suidae* (*Palaeochoerus*) und der *Tapirinae* (*Protapirus*). Die relativ wenigen herbivoren Großsäuger des Festlandes sind durch spezifische Arten der Gattungen *Anthracotherium*, *Micro-*





Textabb. 5: Struktureller Aufbau der Phosphoritknollen. A=Ästchen in einem Kotballen eingedrückt; nat. Gr. - B=Ästchen von einem Kotballen eingerollt und feinsandige Zwischenlagen; nat. Gr. - C = Horizontaler Anschliff eines Großknollens; nat. Gr.

bunoden und Brachyodus, sowie durch primitive Rhinocerae (Praeceratherium und Diceratherium) vertreten. Ergänzend seien noch die marinen Großsäuger erwähnt und zwar Sirenen (Halitherium) und die Urwale der Familie Patriocetiadae (Patriocetus und Agriocetus). Ihre relativ seltenen Funde sprechen kaum dafür, daß sie in einer so dichten Population auf engbegrenzten Räumen gelebt haben konnten, um aus dem Massenvorkommen ihrer Exkremente eine Überdüngung von Meeresböden, selbst in abgeschlossenen Buchten ableiten zu können. Pinnipedier, die oft in großen Kolonien den Meeresstrand und mit Vorliebe auch Inseln bevölkern, kommen deshalb nicht in Frage, weil sie erstmals im Obermiozän auftreten. Wie bereits bemerkt, sind die mittelgroßen und großen Landsäugetiere ausgesprochene Pflanzenfresser und ihr Kot zerfällt im Wasser unter Verlust seiner typischen Form, die jedoch bei Koprolithen im allgemeinen erhalten bleibt. Dafür kennen wir riesige Ansammlungen von Exkrementen die von Meeresvögeln stammen, die durch viele Generationen immer dieselben Wohn- und Brutplätze auf küstennahen Inseln arider Gebiete aufsuchen. Auf den Guanoinseln Perus sind es neben Töpel (Sula variegata Tschudi auf den südlicher und Sula nebouxii Milne-Edwards auf den nördlicher gelegenen Inseln) und neben Pelikanen (Pelecanus occidentalis thagus Molina) hauptsächlich die Scharben (Phalacrocorax bougainvillii Lesson), die auf engstem Raum nach Millionen zählende Kolonien bilden und die dort ihren Kot hinterlassen (siehe Abb. 1 u. 3). Es ist wissenschaftlich nachgewiesen, daß die Vorfahren dieser ichthyophagen Guanovögel in Mitteleuropa bereits seit dem Oberoligozän auftreten. Lambrecht hat, je nach ihrem zeitlichen Vorkommen, die fossilen Scharben in die Genera Oligo-, Mio- und Paracorax aufgespalten und festgestellt, daß diese im Verlauf ihrer stammesgeschichtlichen Entwicklung, nicht allein etwas an Größe zugenommen, sondern auch eine Änderung ihrer Lebensweise erfahren haben. Dies sei daran zu erkennen, daß sich bei diesen Vögeln seit dem jüngeren Alttertiär der Verlauf der Linea intermuscularis des Coracoides, gegenüber den geologisch jüngeren Formen, nach und nach verändert hat. Aus dieser erkennbaren Kräfteverlagerung der Pectoralmuskeln, hervorgerufen durch eine Lage- und Formveränderung der Linea intermuscularis am Coracoid, soll bewiesen werden, daß die oberoligozänen bis obermiozänen Scharben bessere Flieger gewesen sind und erst im Pliozän zu besseren Tauchern wurden, da sie scheinbar ihre Jagdmethode im Fischfang geändert haben.

Zu den Pelecaniformes des Oberoligozäns Europas zählen Oligocorax littoralis (Milne-Edwards) und Oligocorax miocaenicus (Milne-Edwards), ferner Sula avernensis Milne-Edwards und Pelecanus gracilis Milne-Edwards, deren ausgesprochen marines Gepräge nicht zu bezweifeln ist (Lambrecht). Die bekanntesten Fundorte dieser fossilen Ornithen liegen im zentra-

len Frankreich und zwar in den Departements von Allier und Puy-de-Dôme bei den Orten Vaumos, Langy, Auvergne, Agannat, St. Gérard le Puy und Saint-Pourcain, von wo sie zum erstenmal nachgewiesen wurden. In den unteroligozänen Phosphoriten des Quercy fehlt diese ichthyophage Vogelgesellschaft noch, obwohl man von dort bisher 27 Gattungen mit 49 Arten durchwegs tropischer Vögel nachgewiesen hat. In diesem Zusammenhang glaubt Lambrecht behaupten zu können, daß es im Tertiär Europas bereits Guanoinseln gegeben hat, da in der oberoligozänen Ornis unseres Kontinents, verglichen mit der rezenten der Guanoinsel von Peru, dieselben Gattungen nachzuweisen sind. Es könnten sich daher an den alttertiären Fundorten von Vogelresten Europas Phosphatlagerstätten gebildet haben, deren Entstehung aus Vogelguano denkbar ist. Das Fehlen von Vogelresten in den Phosphoriten von Prambachkirchen dürfte, wie dies genauere Untersuchungen vermuten lassen, auf die übermäßige Phosphatkonzentration des Einbettungsmediums zurückzuführen sein. Aber auch andere tierische und pflanzliche Überreste, die die Exkremente der fischfressenden Vögel beinhalten, kennzeichnen sich durch eine weitgehende Auflösung und zwar in erster Linie ihrer Mikrostrukturen, wie dies im rezenten Guano und den Phosphoriten von Prambachkirchen zu beobachten ist. Nur die zwischen den einzelnen Kotballen vorzufindenden, durch den Schmelz geschützten Säugetier- und Haifischzähne, die bestimmt nicht den Verdauungstrakt passiert haben, sowie die innerhalb der Kotballen auftretenden Zähnchen kleiner Knochenfische, Kieselskelette von Radiolarien, Kieselalgen und ähnliches, sind der Phosphatisierung nicht zum Opfer gefallen. Eine Eigenart der Phosphorite von Prambachkirchen sind Ästchen aus angetriftem Treibholz von einer Stärke von 1,0 bis 1,5 und einer durchschnittlichen Länge von etwa 10 cm. Diese durchwegs phosphatisierten Hölzchen, die ebenfalls zwischen den Einzelknollen liegen, oder höchstens in diese eingedrückt sind, haben durch chemische Zersetzungsvorgänge während des Fäulnisprozesses zum völligen Abbau der organischen Substanzen geführt. Zurückgeblieben sind entsprechende Hohlräume, in denen nur noch an der Innenwand Abdrücke von Rindenresten mit vereinzelt Holzfasern erkennbar sind. Würde es sich, wie Schadler und Elise Hofmann annahmen, um abgesunkenes Faulholz handeln, das in den schlammigen Sedimenten des Oligozänmeeres von Phosphatverbindungen durchtränkt worden seien, so fände unter anderem zumindest die annähernd gleiche Länge und Stärke dieser Holzreste keine mögliche Erklärung. Eine derartige Auswahl von Ästchen nach Länge und Stärke kann nicht durch Zufall erfolgt sein, sondern muß als zweckgebunden erkannt werden. Eigene Beobachtungen haben gezeigt, daß die Scharben der Guanoinseln von Peru vom angetriften Strandgut Objekte aller Art, wie Holzstäbchen, Muschelschalen, Schneckengehäuse, ja sogar Zähne von

Haifischen und größerer Säugetiere, seien diese rezent oder sogar fossil, aufsammeln, um sie bei ihrem Nestbau zu verwenden. Dabei werden, was die Holzstäbchen betrifft, die längeren Aststücke auf das gewünschte Maß abgebrochen, wozu sich eben nur dünnere Zweige eignen, um bei den eng aneinander gereihten Nistplätzen das Nachbargehge nicht zu stören. Überraschend ähnlich sind die Maße der Ästchen, was ihre Länge und Stärke betrifft, mit denen aus den Phosphoriten von Prambachkirchen, die hier wie dort fast immer außerhalb der einzelnen Kotballen zu liegen kommen. Wohl findet man vereinzelt auch solche Holzstäbchen, die beim An- und Abflug der Scharben in die Exkremente von noch teigartiger Konsistenz eingerollt oder durch das Gewicht der Vögel in die Kotmasse eingetreten wurden. (Siehe Abbildungen von Scharbennestern [Abb. 1 u. 4] von den Guano-Inseln in Peru.) Neben den meist walzenförmigen Kotknollen kommen auch vereinzelt solche von kugelige Gestalt vor, die, wie durch Beobachtungen nachgewiesen, durch die Aktion der Scharben auf ihren Nistplätzen entstehen. Voraussetzung dafür sind feuchtere Stellen innerhalb der großen Vogelkolonien, die wegen ihrer geringeren Höhenlage bei sehr heftigen Winden gelegentlich in den Bereich des Gischteinflusses gelangen. Solche Stellen entsprechen gleichzeitig der untersten Grenze des Siedlungsgebietes der Guanovögel, das im allgemeinen höher auf trockenen Böden liegt. Beeinflußt durch das Sprühwasser aus dem Schaum der Wellenköpfe wird der Kot klebrig und haftet sich an die Fußsohlen der anfliegenden Vögel. Er wird jedoch beim Abflug abgestreift und bildet nun unregelmäßige Knoten, die rascher trocknen als die darunterliegende Kotmasse. Durch ihre ständige Bewegung durch die kommenden und gehenden Scharben werden diese Knoten, ähnlich einem Schneeball, gerollt und nehmen an Größe bis etwa 7 cm Durchmesser zu, indem sich weitere klebrige Kotmassen anhaften. Liegen nun derartige Nistplätze an schrägen Hängen, wie ich dies auf der Insel „La Vieja“ beobachten konnte, dann rollen diese Guanokugeln meist noch vom Wind unterstützt ab und sammeln sich in großen Massen in Mulden, wie dies die Textabb. Nr. 7 zeigt. Da man auf diesen Lagern kleinere und größere dieser Kugeln gemeinsam antrifft, glauben die indianischen Arbeiter, daß die „Guanosteine“ wachsen.

Man hat bei den größeren, plattenförmigen Phosphoriten von Prambachkirchen, die eine Dicke bis über 15 cm erreichen, eine aufeinanderfolgende Phosphatausscheidung erkennen wollen und, im Gegensatz zu der mehr koprolithischen Ausbildung der Oberfläche, eine unregelmäßige, stark sandige Unterseite festgestellt. Schon an Anschliffen sieht man ganz deutlich, daß auch diese Phosphoritplatten hauptsächlich aus konglomeratisch verkitteten Einzelknollen von sehr ähnlicher Form und Größe bestehen, und daß die an der Unterseite häufig auftretenden wulst- oder zapfenförmigen Vorsprünge nichts mit konkretionären Phosphatabscheidungen

zu tun haben. (Textabb. 4). Vielmehr ist klar zu erkennen, daß die unterste, etwa 1,0 bis 1,5 cm dicke Schichte ihren knollenförmigen Aufbau eingebüßt hat und ebenso wie die vorragenden Wülste, auffallend stark mit Grobsanden vermenget sind. Solche Grobsande mit einem hohen Anteil an Feldspat- und Glaukonitkörnern sind weder in den feinkörnigen, meist weißen Linzer Sanden, noch in den Tonschiefern oberoligozänen Alters vertreten, da es sich um typische Strand- und Geröllsande handelt, die erst während der helveten Transgression zur Aufarbeitung gelangten. Wie jedoch die plattenförmigen Phosphorite erkennen lassen, bildeten diese Grobsande mit granitischem und pegmatitischem Geröllschutt das ursprüngliche Verwitterungsprodukt des kristallinen Untergrundes, auf dem sie noch im plastischen Zustand abgelagert wurden. Sie sind daher nicht in die sandigen Schuttböden „hineingewachsen“ wie dies Schadler annahm, da ja, wie schon festgestellt, solche in den Tonschiefern als ihrem vermeintlichen Muttergestein, auch altersmäßig betrachtet, gar nicht vorkommen konnten. Vielmehr ist an den Anschliffen deutlich zu erkennen, daß der basale Anteil dieser plattenförmigen Phosphorite, sowie die nach unten vorspringenden, zapfenartigen Gebilde, mit Grobsanden förmlich vermischt, das heißt noch im weichen Zustand durchknetet worden sind. Ähnlich ist dies auch beim rezenten Vogelguano zu beobachten, wo der unmittelbar über den kristallinen Verwitterungsböden liegende noch frische Kot durch das Gewicht der Scharben in diesen hineingetreten wird. Beim Abbau des Guano wird diese meist nur wenige Zentimeter dicke Schichte respektiert und wegen des hohen Sandgehaltes, der über 40 % erreichen kann, nicht ausgebeutet und dient in weiterer Folge den Guanovögeln, die seit Generationen diese Inseln besiedelten, neuerlich als angestammter Brutplatz.

Die Phosphorite, die nach Schadler als konkretionäre Phosphatausscheidungen in den oberoligozänen Tonschiefern entstanden sein sollen, unterscheiden sich von jenen aus den helveten Grobsanden relativ nur geringfügig, so daß doch gewisse Zusammenhänge genetischer Natur zwischen ihnen bestehen dürften. Erstere besitzen keine scharfe, äußere Abgrenzung gegenüber dem Muttergestein, sind jedoch im Bezug auf ihren knollenförmigen Aufbau letzteren sehr ähnlich. Sie zeichnen sich auch durch einen wesentlich geringeren Phosphatgehalt aus, sind durchschnittlich viel kleiner und auffällig formverschieden. Meist sind es stark flachgedrückte, ellipsoide, seltener walzen- oder kugelförmige Gebilde, von dunkler Farbe und sehr dichtem Gefüge. Ihr Durchmesser liegt im Mittel zwischen 2 bis 5 cm und nur an einer einzigen Fundstelle, nämlich im „Wildgraben“ östlich von Prambachkirchen, fand man lokal angereichert zahlreiche dieser Knollen mit Durchmessern von 5 bis 10 cm; sonst findet man sie meist weit gestreut und relativ spärlich im küstennahen Streifen während sie beckenwärts rasch abnehmen. Auch ihr Vorkommen ist örtlich sehr be-

grenzt und deckt sich mit dem der Phosphorite aus den Grobsanden, das heißt, man fand sie bisher nur bei Prambachkirchen und Plesching. Auffallend niedrig, durchschnittlich nur 1,6 %, ist ihr Phosphatgehalt, der vergleichsweise bei den Phosphoriten der Grobsande 26,2 % erreicht. Offenbar handelt es sich bei ersteren um eine sekundäre Verminderung des Phosphatgehaltes durch Auslagung, die durch das Meerwasser begünstigt wurde, der auch eine teilweise Auskristallisierung gefolgt war. Demzufolge wäre anzunehmen, daß die sich im Oberoligozän am Land gebildeten Kotmassen ichthyophager Seevögel, die in größeren Kolonien die Inseln der Riasküste des Tertiärmeeres bevölkerten, durch einen teilweisen Absturz der Nistplätze in die küstennahen, schlammigen Tonsedimente der späteren Tonschiefer gelangten, der übrige Teil jedoch viel später, während der helveten Transgression aufgearbeitet und mit den Grobsanden umgelagert wurde. Gegen die konkretionäre Entstehung der Phosphorite der Tonschiefer sprechen in diesem Zusammenhang ihr geringer Anteil an Tonmineralien, der in diesem Fall viel höher sein müßte und das Fehlen von Fischschuppen (*Meletta sardinites*) und kleinen, kohligten Pflanzenresten, die für das sie einschließende Muttergestein aus schlammfeinen Ton- und Quarzmineraleilchen geradezu typisch sind. Ihr eigener Fossilinhalt entspricht weitgehend dem der Phosphorite der Grobsande und soll später besprochen werden.

Wie den chemischen Analysen zu entnehmen ist, bestehen die Phosphorite aus den Grobsanden, mit etwa 70 bis 72 % aus Kalziumverbindungen der Phosphorsäure und diesen untergeordnet aus Kalziumkarbonat. Der relativ hohe und sehr schwankende Anteil von Kieselsäure, von 8 bis mehr als 12 %, ist hauptsächlich dem jeweiligen Gehalt von beigemengten Quarzsanden zuzuschreiben, die ganz besonders zahlreich in den basalen Lagen sind, wo eben die Phosphorite mit dem Verwitterungsschutt des kristallinen Untergrundes in Kontakt traten. Auch der Glaukonit, sowie die Kieselskelette von Radiolarien und Diadomeen spielen diesbezüglich eine untergeordnete, aber nicht unbedeutende Rolle. Der färbende Bestandteil der Phosphorite, der etwa 2,3 % erreicht, ist das Brauneisen als Umwandlungsprodukt der Glaukonite, das scheinbar durch Wasserverlust in Hämatit übergegangen und in Dünnschliffen an seiner eisenschwarzen bis dunkelrotbraunen Farbe zu erkennen ist. Er füllt feine und feinste Risse und Hohlräume aus und wurde dadurch zum Versteinerungsmaterial vorhandener Mikrofossilien. Die Kalium- und Natriumsalze sind neben einem sehr geringen Fluorgehalt von untergeordneter Bedeutung, wichtiger aber ist der relativ hohe, bei ungefähr 8 % liegende Anteil an organischen Substanzen einschließlich dem Wassergehalt.

Der mit freiem Auge erkennbare Aufbau der Phosphorite, speziell jener der Grobsande, der mittels Anschliffe besonders deutlich gemacht werden

kann, ist auffallend einheitlich. Wie schon gesagt, bestehen sie aus fast gleichgroßen, meist walzenförmigen, an ihren Enden abgerundeten Einzelknollen von einer durchschnittlichen Länge zwischen 4,5 und 5 cm und einer Dicke von 2,0 bis 2,5 cm, die konglomeratisch zu Großknollen vereint sind. Kleinere Einzelknollen sind relativ selten, merklich größere konnten aber bisher nicht festgestellt werden. Im Bezug auf die Zusammensetzung der Einzelknollen kann man oft zwei verschiedene Zonen unterscheiden und zwar eine lichtere und eine merklich dunklere, die ihrerseits meist mehr oder weniger durchknetet sind, wobei sich dementsprechende Fließeffekte beobachten lassen. Auch die mikroskopische Untersuchung bekräftigt die Vermutung, daß es sich diesbezüglich um zum Teil noch getrennte, zum Teil bereits vermengte Harn- und Kotanteile handeln könnte, wie sie eben nur bei Vogelexkrementen vorkommen. Zieht man schließlich noch die koprolithische Natur dieser Phosphorite in Betracht, so ist wohl anzunehmen, daß zwischen ihnen und dem rezenten Vogelguano prinzipiell nur der Unterschied im Fossilisationseffekt liegt.

#### **4. Mikroskopische Untersuchungen der Phosphorite von Prambachkirchen (dazu die Tafeln XXXI–XXXIII)**

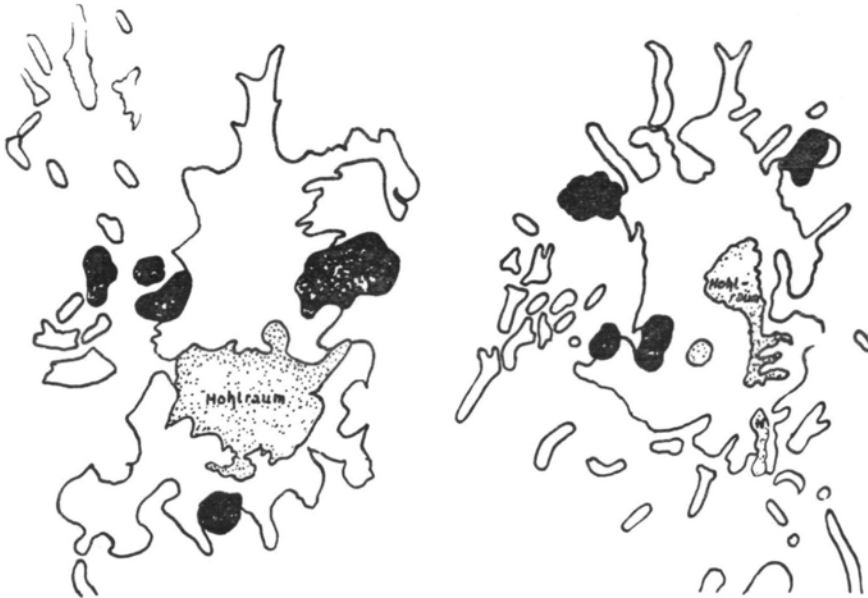
Zu diesem Vorhaben wurde eine Serie von mehr als 100 Dünnschliffen angefertigt, um außer der Mikrostruktur auch den Fossilinhalt dieser Phosphorite genauer kennenzulernen. Entsprechend den gegebenen Möglichkeiten konnten diese Untersuchungen nur im normalen und polarisierten Licht durchgeführt werden, die jedoch im allgemeinen zweckentsprechend waren. Die Dicke der Dünnschliffe wurde bei 0,06 bis 0,08 mm belassen, um Formdetails der Mikrofossilien, die leider oft durch den Brauneisenbelag nicht mehr als solche erkennbar sind, noch mit genügender Transparenz differenzieren zu können.

Unter dem Mikroskop ist eine im allgemeinen dichterartige Struktur der Grundsubstanz zu erkennen, die aber innerhalb der Einzelknollen in zwei, mehr oder weniger getrennte oder allmählich ineinander übergehende Zonen zerfällt, wovon die eine mehr dunkelbraun, die andere jedoch hellbraun bis schmutziggelb ist. Aber auch Misch- und Fließeffekte zwischen beiden Zonen sind deutlich zu beobachten. Die Farbunterschiede innerhalb der Einzelknollen sind nicht allein auf eine ungleiche Verteilung der färbenden Komponenten zurückzuführen, sondern wie dies im polarisierten Licht auffällig wird, mineralogisch bedingt. Die lichteren Zonen zeigen nämlich eine viel intensivere und für Phosphate typische Polarisationsfarbe, im Gegensatz zu den dunkleren Abschnitten, wo diese nur auf kleinste Flecken und phosphatisierte Hohlräume beschränkt ist. Auffallend ist ferner der sehr geringe Anteil an organischen Substanzen in den helleren Partien,

während die dunkleren meist von Brauneisen imprägnierte Mikrofossilien beinhalten, die in der Mehrzahl in geschlossenen Gruppen auftreten. Als Einschlüsse sind vereinzelte Sand- und Glaukonitkörner vorzufinden, die jedoch mit Konkretionsbildung nichts zu tun haben. Es ist deutlich zu erkennen, daß sie niemals, auch wenn sie eventuell in kleineren Gruppen vorkommen, den Mittelpunkt für eine konzentrische Ansammlung von Mineralstoffen bilden. Zu einer Zunahme von Quarzkörnern, ähnlich denen der oberoligozänen Linzer Sande, kommt es gelegentlich an der Oberfläche und stellenweise sogar in den Randpartien der Einzelknollen, wohin sie scheinbar sekundär durch Verknetungsvorgänge gelangt waren. Ferner tritt in den dunkleren Abschnitten der Dünnschliffe häufig pflanzlicher Detritus auf, der aber wegen der meist starken Brauneisenimprägnation kaum zu differenzieren ist.

Die feinen, wirr angeordneten Kanälchen, die noch mit freiem Auge zu erkennen sind und als Bohr- oder Fraßgänge angesehen wurden, stellen, wie unter dem Mikroskop festzustellen ist, Einzelgebilde dar, die maximalst eine Länge von etwa 8,2 mm erreichen. Ihr meist runder bis schwach ovaler Querschnitt wechselt innerhalb eines jeden Hohlraumes; diese verjüngen sich an einem Ende, wodurch ihr Durchmesser zwischen 0,1 und 0,2 mm beträgt. Diese hauptsächlich im dunklen Anteil der Einzelknollen in großen Mengen auftretenden Gebilde sind von gerader oder schwach gebogener Form und oft so dicht gelagert oder gekreuzt, daß sie Verzweigungen vortäuschen. Ihre Innenwände lassen eine ganz eigenartige Fältelung erkennen, die bei Bohrgängen kaum vorhanden wäre. Es dürfte sich mehr um Schrumpfungen der hier einst eingeschlossenen Objekte handeln, die noch vor der Erhärtung der Phosphorite der Verwesung zum Opfer fielen. Die von ihnen hinterlassenen Hohlräume wurden teilweise oder ganz von einer gelartigen bis flockigen Phosphatmasse erfüllt, die aus der phosphatreichen Grundsubstanz der Phosphorite ausgeschieden wurde. Diese kolloidalen Phosphate von durchscheinend lichtgelber Farbe zeigen im polarisierten Licht nicht allein die typisch bläulichgraue Farbe der Hydroxid-Apatite, sondern beinhalten auch kleinste farblose Kristalle in weiter Streuung. Sowohl die nach Form und Größe den Rippen und Gräten kleiner Fische ähnlichen Gebilde, als auch größere Hohlräume, die den übrigen Skelettknochen dieser entsprechen könnten, würden auf das Vorhandensein von nicht formbeständigen Überresten kollagener Grundsubstanzen der durch die Magensäure entkalkten Fischknochen zurückzuführen sein, die schließlich durch den Verwesungsprozeß gänzlich abgebaut wurden (Textabb. Nr. 6). Das Kollagen, ein Albuminoid im anorganischen Stützgewebe der Knochen, unterliegt speziell in warmen Klimaten einer sehr raschen Zersetzung, wobei das Kalzium der Kalziumphosphate durch die Verwesungsrestbestände absorbiert und Phosphorsäure frei wird. Diese frei-





Textabb. 6: Die Hohlräume der Phosphoritknollen sind teilweise oder völlig von lichten Phosphatmassen ausgefüllt. Schwarz=Glaukonitkörner. Anschliff, etwa 30fach vergrößert

gewordene Phosphorsäure bildet, nach Behrend und Berg, mit den vorhandenen Basen echte chemische Verbindungen, die, zumindest in ariden Regionen, durch den Austausch ihrer Kationen kaum Adsorptionsverbindungen eingehen können. Ähnliche Vorgänge sind auch von den Phosphoriten des Quercy bekannt, wo Insekten, ja sogar Froschmumien vollkommen abgebaut und die dadurch entstandenen Hohlräume sekundär von Phosphaten ausgefüllt wurden. Dieselben chemischen Vorgänge sind auch für die Phosphorite von Prambachkirchen durchaus denkbar, auch wenn sie bisher nicht in Betracht gezogen wurden. Mikrochemische Untersuchungen über den Effekt der Phosphatisierung von tierischen und pflanzlichen Überresten in Kopolithen würden auch wertvolle Beiträge zur Genese der Phosphorite erbringen.

Überraschend gering ist die Zahl der Fischzähnen (Taf. XXXIII, Abb. 31 u. 32), die in den Dünnschliffen festgestellt werden konnten, eine Tatsache die scheinbar im Widerspruch zur Annahme phosphatisierter Skelettreste von kleinen Fischen steht, die in den Phosphoriten in großen Mengen vorkommen. Dies wäre jedoch dadurch zu erklären, daß eben die Hauptnahrung der ichthyophagen Vögel im Oberoligozän aus zahnlosen Fischchen bestand, wie etwa Vertreter der Gattung *Meletta* (*Meletta sardinites*), die

die alttertiären Meere unserer Breiten in riesigen Schwärmen bevölkert haben. Die kleinen, spitzen Zähnchen könnten von Fischchen der Gattung *Engraulis* stammen, die damals noch relativ selten waren, in der Gegenwart aber zur Hauptnahrung der Guanovögel geworden sind.

Da es bei Dünnschliffen mehr oder weniger dem Zufall überlassen ist, ist es nicht zu wundern, daß Mikrofossilien nicht überall zu finden sind. Wo jedoch vorhanden, sind sie meist zu kleineren Gruppen vereint. Sie treten vorzugsweise in den dunkleren Zonen der Einzelknollen auf, die dem Vogelkot entsprechen dürften und sind in den lichterem Abschnitten, die aus dem Harn hervorgingen, nur sehr sporadisch anzutreffen. Zum typischen Mikrofossilinhalt zählen in erster Linie Kieselskelette von auffallend kleinen Radiolarien, wie sie meist nur in geringen Meerestiefen anzutreffen sind. In der überwiegenden Mehrzahl sind es kugelförmige und diskoidale Sphaerellarien, wie *Sphaeroidea* und *Discoidea*, seltener die aus zwei Ringen mit reduziertem Dreifuß ausgebildeten *Stephaniaceen*. Sie sind meist fragmentiert oder durch eine starke Brauneisenimprägnation schwer zu erkennen und nur wenige Individuen sind noch soweit unversehrt, daß sie identifiziert werden können. Wichtig ist ferner, daß sie mit anderen Mikrofossilien einen geballten Detritus bilden, der dem jeweiligen Magen-Darminhalt von kleinen Fischchen entsprechen könnte, die ichthyophagen Vögeln zur Nahrung dienten. Fast alle kleinen Meeresfische, die hier in Frage kommen, ernähren sich vom marinen Plankton, dessen unverdauliche Überreste im Magen-Darmtrakt mit diesem von den Vögeln verschlungen werden, um schließlich in deren Kot zur Ausscheidung zu kommen. Auch diesbezüglich besteht eine auffallende Übereinstimmung des rezenten Guano mit unseren Phosphoriten, es sei denn, daß im ersteren Fischzähnchen häufiger und die Kieselskelette von Radiolarien, Diatomeen und Schwammnadeln in frischem Zustand zu finden sind. Das geballte Auftreten des detritischen Magen-Darminhaltes der Futterfische in den Exkrementen der Guanovögel, wie dies auch an den Dünnschliffen der Phosphorite aus Prambachkirchen zu beobachten ist, kann durch eine festere Konsistenz und damit eine größere Formbeständigkeit der Kotballen seine Erklärung finden. Die Ursache liegt nämlich darin, daß den fischfressenden Vögeln arider, meist weit vom Festland entfernter Inseln, nur der Wassergehalt der Fische für ihren Stoffwechsel zur Verfügung steht, also diesen entzogen werden muß, weshalb eben die Exkremente, im Gegensatz zu solchen der meisten anderen Vögel, bei diesen merklich trockener und eben deswegen formbeständiger sind.

Vereinzelt sind auch Foraminiferenreste in den Dünnschliffen vorzufinden, die jedoch nur als phosphatisierte Steinkerne auftreten, da nicht allein das aus Kalziumkarbonat bestehende Gehäuse zu Kalziumphosphat, sondern auch das Innere ihrer Kammern von Phosphaten ausgefüllt wurde. Eine genauere Bestimmung dieser ist daher kaum möglich, doch ihrer Form

entsprechend, scheint es sich um Überreste von Globigerinen, Nonioniden oder Robuliden zu handeln (Taf. XXXIII, Abb. 29).

Auch kleine, zarte Kieselnadeln mit deutlich erkennbarem Axialkanal sind relativ häufig, wie sie für Kieselschwämme der Ordnung Monactinelliden typisch sind. Solche kommen in tropischen bis subtropischen Meeren vor und sind besonders in den Litoralzonen bis zu Tiefen von einigen hundert Metern auffallend arten- und individuenreich. Außer diesen finden sich auch zahlreiche Diatomeen in den Dünnschliffen als Nahrungsreste jener Fischchen, die ihrerseits die Nahrung jener Vögel waren, deren fossiler Guano die Phosphorite von Prambachkirchen sein dürften.

Das angegriffene Treibholz, das vereinzelt auch von den Schiffsbohrwürmern (*Teredo*) durchlöchert ist, zeigt unter dem Mikroskop eine ganz eigenartige Beschaffenheit. Dort, wo es einst aus den Phosphoriten hervorragte, ist es gänzlich der Zerstörung anheimgefallen, und selbst zwischen den zu einer konglomeratischen Masse vereinten Einzelknollen sind es meist nur die Abdrücke ihres Rindenanteiles, der noch erhalten blieb. Auch der von ihnen zurückgelassene Hohlraum ist entweder als solcher vorhanden, oder wie bei dünnen Ästchen, von Phosphaten ausgefüllt. Diesbezüglich berichtet Elise Hofmann, die diese Holzreste untersucht und beschrieben hat, daß ihr ungünstiger Erhaltungszustand auf die zu geringe Resistenz gegen den Phosphatisierungsprozeß zurückzuführen sei, weshalb in den meisten Fällen weder die Feinstruktur des Gewebebaues, noch die dicken Zellwände oder die stärkeren Gefäßwandungen vorhanden sind. Aus denselben Gründen konnte bisher trotz der Resistenz ihrer meist verdickten Exine kein fossiler Pollen in den Phosphoriten nachgewiesen werden, wenn solcher überhaupt existiert hat.

Dünnschliffe durch den basalen Anteil der Phosphorite, von einer Dicke bis zu 15 cm, die Schadler als zerbrochene Platten erkannt hat, zeigen einen ganz anderen Aufbau im Vergleich zu dem der Einzelknollen. Hier handelt es sich um eine mehr oder weniger strukturlose, fast schwarzbraune Phosphatmasse, in der auffallend viele Sand- und Feldspatkörner, ähnlich denen der Grobsande eingelagert sind. Stellenweise finden sich an der Unterseite dieser Phosphorite zapfenförmige oder wulstartige Fortsätze, die außerdem an ihrer Oberfläche mit Grobsanden verkittet sind, als würden sie in einen sandigen Geröllboden hineingedrückt worden sein. In der Tat handelt es sich um jene Phosphoritknollen, die unmittelbar dem Untergrund aufgelagert waren, mit diesem vermischt wurden und dadurch ihre ursprüngliche Form und Struktur eingebüßt haben. Dies ist ganz besonders deutlich an den entsprechenden Anschliffen zu beobachten, wo die unterste Lage der einst normal ausgebildeten Einzelknollen, die nach oben stets in einen konglomeratischen Verband übergehen, in ihre Unterlage hineingedrückt erscheint. Sie müssen aber noch im plastischen Zustand mit den darunterliegenden,

meist aus Grobsanden bestehenden Verwitterungsboden des kristallinen Grundgebirges durchknetet worden sein, wie dies auch die zwischen den darüberliegenden Einzelknollen aufsteigende grobsandige Phosphatmasse erkennen läßt. Dieselben Vorgänge kann man auch beim rezenten Guano beobachten, bei dessen Gewinnung die stark sandige Unterlage nicht abgebaut wird und außerdem den Guanovögeln ihr angestammter Brutplatz kenntlich bleibt. Diese oft mit mehr als 40 % Sand angereicherten Exkremente charakterisieren sich durch das Fehlen jener zarten, röhrenförmigen Hohlräume, die für die Einzelknollen geradezu typisch sind und im Lauf ihrer Fossilisation von Phosphatgelen ausgefüllt wurden. Ebenso wenig konnten bisher in diesen basalen Lagen der Phosphorite pflanzliche oder tierische Makrofossilien vorgefunden werden und die sehr selten auftretenden Mikrofossilien sind meist so stark trituriert, daß man sie kaum noch erkennen kann.

### 5. Ergänzende Daten über die Guanovögel

Die überraschende Ähnlichkeit und die weitgehende Übereinstimmung der Phosphorite von Prambachkirchen mit dem rezenten Guano von den peruanischen Vogelinseln ergibt sich nicht allein aus ihrem makro- und mikroskopischen Aufbau und Fossilinhalt, sondern auch aus ihrer chemischen Zusammensetzung. Ein nur hypothetisches Konzept dürfte nunmehr nicht vorliegen, da doch die Untersuchungsergebnisse Resultate zeigten, die für unsere Auffassung einer analogen Entstehung beider sprechen. Ihr massenhaftes Vorkommen auf engbegrenzten Örtlichkeiten mit inselförmigem Charakter entspricht entschieden nur ganz bestimmten Kollektivfaunen von ichthyophagen Meeresvögeln, die schon seit dem jüngeren Alttertiär Europas bekannt sind. Deshalb hat ja auch Lambrecht die Vermutung ausgesprochen, daß größere Phosphatlagerstätten in unseren Breiten als fossiler Guano aufzufassen seien, da doch die oberoligozänen Scharben (*Oligocorax littoralis*), Pelicane (*Pelecanus gracilis*) und Töpel (*Sula arvensis*) als Vorfahren der heutigen Guanovögel (*Phalacrocorax Bougenvillei*, *Pelecanus thagus* und *Sula variegata*) höchstwahrscheinlich die selben Lebensgewohnheiten wie diese hatten.

Die Exkremente dieser Vögel bestehen nicht allein aus Harn und Kot als Endprodukte ihres Stoffwechsels, sondern enthalten auch, wie dies die mikroskopischen Untersuchungen gezeigt haben, die unverdaulichen und überschüssigen Nahrungsreste, so zum Beispiel den Magen-Darminhalt von kleinen Fischen, die sich von Plankton ernährt haben. Ihr Vor- oder Drüsenmagen, in dem in einem einzigen Futtergang oft mehr als 70 Fischchen vorzufinden sind, spielt im Chemismus der Verdauung durch die Absonderung des Magensaftes eine besondere Rolle. Dagegen kommt dem eigent-

lichen Magen, der normalerweise der mechanischen Zerkleinerung der Nahrung dient, bei den ichthyophagen Vögeln nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Die von den Schleimhäuten des Drüsenmagens abgesonderte Flüssigkeit enthält eiweißverdauende Enzyme und Salzsäure, wobei das für den Stoffwechsel notwendige Wasser der Fischnahrung entzogen wird. Schon bei einer schwachen Säurekonzentration im Magensaft wird der anorganische Anteil der Fischknochen gelöst und das unverdauliche kollagene Knochengewebe wird im Kot abgesondert. Diese plastische, in ihrer Form kaum veränderte, organische Grundmasse der Fischknochen fällt in dem sich erhärtenden Kot einer raschen Verwesung anheim. Über die weiteren Vorgänge im abgesetzten Kot, wie etwa die Schrumpfung der entstandenen Hohlräume durch Verwesung der sie beinhaltenden Nahrungsreste, Feuchtigkeitsverlust oder dessen Vermischung mit dem Harn wurde bereits berichtet.

In den ebenfalls aus einzelnen Kotballen aufgebauten Nestern, von denen etwa drei auf einen Quadratmeter kommen, finden sich speziell bei den Scharben eine Anzahl von Zweigen mit annähernd gleicher Länge und Stärke, die von den Guanovögeln bei Beginn der Brutzeit am Strand gesammelt werden. Auch andere Objekte, wie Muschelschalen, Schneckengehäuse und glänzende, von Schmelz bedeckte, mittelgroße Wirbeltierzähne, gleichgültig ob rezent oder fossil, werden für den Nestbau verwendet. Sie gelangen auf diese Weise zwischen die einzelnen Kotballen oder werden höchstens in diese hineingetreten, bilden aber niemals, ebensowenig wie andere Fremdkörper, ein Konkretionszentrum.

In den Morgenstunden fliegen die Guanovögel zu ihren Futterplätzen hinaus auf das Meer, wo sich gerade größere Fischschwärme vorfinden. Ihre Jagdmethoden sind sehr verschieden. Die Scharben verfolgen ihre Beute unter Wasser, während Sula aus ziemlicher Höhe im Sturzflug die Fische fängt. Die Pelikane fischen, wenn größere Mengen von Fischen vorhanden sind, schwimmend, wenn deren Zahl jedoch geringer ist, stürzen auch sie sich, ohne zu tauchen, auf ihre Beute. Wenn nun die Scharben so viele Fische verschlungen haben, daß ihr Vormagen vollgestopft ist, kehren sie zu ihren Nistplätzen auf den Inseln zurück, um hier zu verdauen und während der Brutzeit ihre Jungen zu füttern. Sie verbringen dann nach dem morgendlichen Jagdflug den Rest des Tages und die folgende Nacht auf ihren Nistplätzen und nur in der Zeit, in der sie ihr brütendes Weibchen oder die Jungen zu füttern haben, unternehmen sie mehrere Ausflüge. Bedingt durch diese Lebensweise kommt es im Laufe der Jahre zu vielen Meter hohen Massen von ihren Exkrementen. Die Pelikane und Töpel verhalten sich in ihrer Lebensweise recht verschieden. Sie verbringen den Großteil des Tages auf ihren Futterplätzen auf dem Meer, sie kehren außerhalb der Brutzeit abends nicht so regelmäßig wie die Scharben in ihre Kolonien zurück. Ab-

gesehen von ihrer weit geringeren Population im Vergleich zu den Scharben, die auf einer der peruanischen Guanoinselfn die stattliche Zahl von über fünf Millionen erreicht, ist ihre Guanoproduktion so gering, daß sie nur selten abgebaut wird. In diesen regenlosen Gebieten trocknen die frischen Exkremeute unter dem Einfluß der brennenden Sonne und ständigen Brisen auffallend rasch und bewahren, soweit sie nicht von den Vögeln zertreten werden, meist ihre natürliche, knollenförmige Gestalt. Die Feuchtigkeit der jährlich das eine oder andere Mal auftretenden Nebelregen dringt kaum einige Zentimeter in den Guano ein, bewirkt eine zunehmende Kompaktheit der Kotballen, trocknet jedoch schnell aus. Für die extremen klimatischen Bedingungen dieser ariden Regionen vom 40. bis 4. Grad südlicher Breite an der Westküste Südamerikas wird die kalte Humboldtströmung verantwortlich gemacht. Sie kommt aus den südpolaren Gebieten. Wegen ihres Reichtums an Plankton leben riesige Fischmengen innerhalb ihres Bereiches. Man schätzt die Menge der Fische, die von den Scharben, die an dieser Meereströmung leben, gefangen werden, auf mehrere tausend Tonnen täglich. Bedeutendere Lager von subfossilen Exkrementen fischfressender Meeresvögel hat man im Stillen Ozean, zum Beispiel auch auf der Insel Laysan, einer der kleinen Hawaii-Inseln, oder auf der Insel Nauru, etwas südlich des Äquators, zwischen den Gilbert- und Salomon-Inseln festgestellt. Das Guanovorkommen dieser Koralleninsel hat man auf 70 Millionen Tonnen geschätzt. Die einst riesigen Kolonien der Guanovögel sind dort längst verschwunden und man glaubt, daß sie, durch den Verlust ihrer Futterplätze durch eine andauernde Hebung der Insel, abwandern mußten. Vielmehr wäre anzunehmen, daß es die Menschen waren, die sich dort ansiedelten und mit ihren Lebensgewohnheiten die Sicherheit und Ruhe dieser Vögel störten.

#### 6. Die geologischen Verhältnisse der Phosphoritlagerstätten von Prambachkirchen und paläoklimatologische Überlegungen

Die geologischen Verhältnisse der 30 Kilometer westlich von Linz a. D., bei dem Ort Prambachkirchen vorkommenden Phosphoritlagerstätten sind von Dr. Josef Schadler bereit 1944 kurz beschrieben worden.

Das kristalline Grundgebirge, das in einer Reihe von Rücken gegen das Alpenvorland ausstreicht, bildete mit Halbinseln und zahlreichen Inseln die buchtenreiche Nordküste des Tertiärmeeres. Diesem, nördlich von Prambachkirchen aus mittelkörnigem, biotitreichem Cordierit-Perlgnais bestehenden Grundgebirge liegen unmittelbar die oberoligozänen Strandsande, die sogenannten „Linzer Sande“ auf, die beckenwärts mit mergeligen Schiefer-tonen verzahnen. Über diesen folgt der Horizont der burdigalen Grobsande, die wegen der hier vorkommenden Phosphorite als Phosphoritsande

in die Literatur eingegangen sind. Auch dieser Sandhorizont setzt sich beckenwärts über die oberoligozänen Schiefertone fort. Im Hangenden gehen die Grobsande in sandige Mergel über, die als Schlier bezeichnet werden. Er wird von umgelagertem unterpliozänem bis obermiozänem Quarzsotter und schließlich von eiszeitlichem Lehm überlagert. Nordwestlich von Prambachkirchen ist ein flacher Höhenrücken von größeren Sandgruben aufgeschlossen, wo deutlich zu erkennen ist, daß die Grobsande, an deren Basis die Phosphoritknollen angereichert sind, transgressiv die Linzer Sande überlagern.

Der wichtigste Unterschied zwischen den Grob- und Linzer Sanden besteht in der jeweiligen Korngröße, im mineralogischen Aufbau und in der Farbe. Bei ersteren sind es typische Strand- und Geröllsande von sehr variierender Größe ihrer Bestandteile, mit auffallend groben Quarz- und Feldspatkörnern und hohem Glaukonitgehalt. Nach J. Schadler sind es granitische Pegmatit- und Aplit-Gerölle, die ihre mineralogische Zusammensetzung ergänzen. Ihre Schrägschichtung und das wiederholte Abschneiden der Strandwälle deuten auf einen lebhaft bewegten Seegang hin. Ihre Farbe wechselt von bräunlichgrün bis grünlich. Die Linzer Sande von meist weißer Farbe zeigen den Charakter aeolischer Feinsande, in denen größere und schwerere Bestandteile fehlen, obwohl sie typische Strandsande sind. Die Ursache ihrer Entstehung scheint mehr von klimatischen Einflüssen bedingt zu sein und nicht, wie J. Schadler versuchte, sie wegen des feineren Teilchenaufbaues auf einen ruhigeren Seegang zurückzuführen. Größere bis mächtige Sandlager entstehen auch noch in der Gegenwart durch die stete Wanderung der Sande vom Festland zum Meer und von diesem zurück zum Festland, wie dies vorzugsweise an Meeresküsten arider Klimaten beobachtet werden kann. Der aus der Verwitterung hervorgegangene Sand des Festlandes wird durch Wind und Wetter dem Meer zugeführt, wo er durch Strömungen und Gezeiten an den Strand gelangt. Selbst schwache Bodwinde, deren Heftigkeit zwischen Inseln und den talförmigen Einschnitten im Hügel- oder Bergland des Festlandes merklich zunimmt, transportieren diese Strandsande landeinwärts. In humiden Gegenden überwiegt aber die Abwanderung der Sande im allgemeinen nach dem Meer, so daß es in solchen Gebieten kaum zu bemerkenswerten Anhäufungen von Strandsanden im Küstenbereich des Festlandes kommt. An ariden Flachküsten bewirkt dieses Spiel der Naturkräfte oft eine starke Versandung landeinwärts gelegener Regionen, wo es sogar zur Bildung von Wanderdünen kommen kann. Dagegen kommt es an Steilküsten und ganz besonders in den Meeresbuchten, in sehr niederschlagsarmen Zonen, die im Bereich von Passaten liegen, zu sehr mächtigen Sandlagern, da der Transport der Meeresande nach dem Festland überwiegt, während der immer viel schwächere Antipassat nur einen viel geringeren Teil dieser wieder dem Meer zufüh-

ren kann. Konkrete und geradezu klassische Beispiele eines maximalen Effektes dieses Phänomens, das zu derartig riesigen Strandsandbildungen führt, findet man an jenen ariden Küstengebieten von Peru, denen die meisten Guano-Inseln vorgelagert sind. Wie Untersuchungen gezeigt haben, transportieren hier die Passate nur im Luftsockel und zwar bis zu einer Höhe von annähernd 20 Meter die Meeressande gegen das Festland, während die viel schwächeren Antipassate, die von den Westhängen des Andenvorlandes gegen das Meer abfallen, nur geringe Mengen von Sand, wohl auch in höheren Luftschichten, dem Meer zurückbringen. Bedingt durch den sich vormittags steigernden Temperaturunterschied zwischen der kühleren Wasseroberfläche der Humboldtströmung und der sich rascher erwärmenden Landoberfläche, setzen ab 12 Uhr mittags die Passate ein und dauern bis in die Abendstunden. In der Nacht, wenn die Temperaturen durch die rasche Abkühlung in den vegetationslosen Küstengebieten unter die der Meeresoberfläche absinken, werden die Antipassate ausgelöst, die bis in die Morgenstunden anhalten. Dadurch kommt es zu mächtigen Anhäufungen von Meeressand in den küstennahen Gebieten des Festlandes, die sich an ihrer Basis merklich verfestigen. Eine Ähnlichkeit dieser Strandsande arider Küstengebiete, sowohl in bezug auf ihren Korngrößenaufbau als auch im Fehlen von gröbereren oder schwereren Bestandteilen mit unseren Linzer Sanden wäre nicht ganz von der Hand zu weisen. Dies könnte bedeuten, daß ihre Entstehung ebenfalls von extremen klimatischen Bedingungen abhängig gewesen sein könnte, die andererseits auch die Voraussetzung für den typischen Lebensraum von Guanovögel und damit die Entstehung von Phosphatlagerstätten gewährleisten.

Diese Überlegungen ergänzend muß darauf hingewiesen werden, daß noch im jüngeren Alttertiär und Miozän die weiter südlich gelegenen Alpen, die kein Hochgebirge waren, als wetterbestimmendes Element auf die in Frage kommenden Regionen nicht von Entscheidung gewesen sein könnten. Die von H. Zapfe untersuchten Braunkohlenlager von Langau bei Geras in Niederösterreich, die wahrscheinlich Ästuarbildungen brakischer Natur des Untermiozän (unteres Eggenburgien) darstellen, lassen darauf schließen, daß die dominierende Windrichtung in dieser Zeit aus dem Westen anzunehmen wäre. Ähnliche Beobachtungen wurden von E. Hintze (1934) für die oligozänen Braunkohlen bei Bitterfeld in Sachsen beschrieben. An der Basis der Linzer Sande, also unter diesen oberoligozänen Strandsanden konnte W. Fuchs (1965) bei Ottensheim, etwa 10 km westlich von Linz, dünne Glanzkohlenflötze in tegeligen Schichten feststellen. Letztere entsprechen lithologisch und faunistisch dem aus Niederösterreich längst bekannten „Pielacher Tegel“, der im Gebiet um Melk allmählich in die den Linzer Sanden gleichalterigen Älteren Melkersande übergeht (O. Abel, 1904; E. Thenius, 1960). Kohlenbildungen während des Oberoligozän sind





Abb. 1: Scharbenkolonie der Insel „Santa Rosa“, Peru. (Man beachte die in die Nester eingetragenen Holzstäbchen.)



Abb. 2: Verlassene Scharbenester auf der Insel „Chinda Grande“, Peru. (Die einst eingetragenen Holzstäbchen sind verfault oder von Kotballen verdeckt.)



Abb. 3: Riesige Scharbenkolonie der Insel „Chincha Grande“, Peru. (Bei beginnender Brut tragen die Vögel zum Nestbau bereits Holzstäbchen ein.)



Abb. 4: Scharbennester nach der Brutzeit, mit noch sichtbaren, stark verschmutzten Holzstäbchen. Insel „Chincha Grande“, Peru.

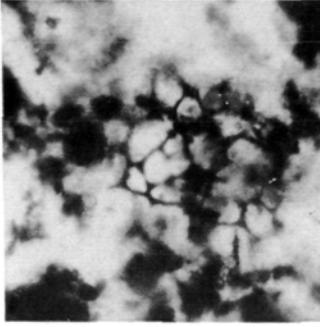


Abb. 5: Radiolarienreste, 200fach vergr.

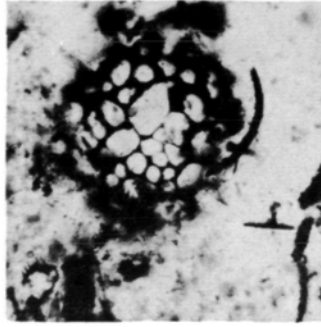


Abb. 6: Radiolarienrest, 200fach vergr.

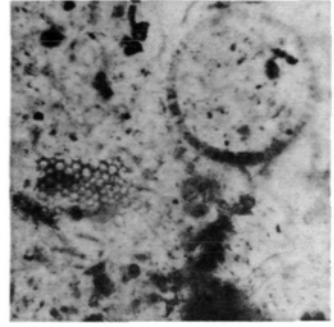


Abb. 7: Radiolarienreste, 200fach vergr.

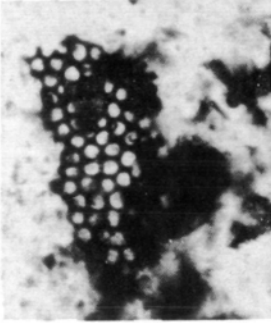


Abb. 8: Radiolarienrest, 200fach vergr.

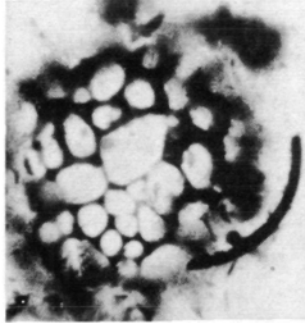


Abb. 9: Radiolarien, 200fach vergr.

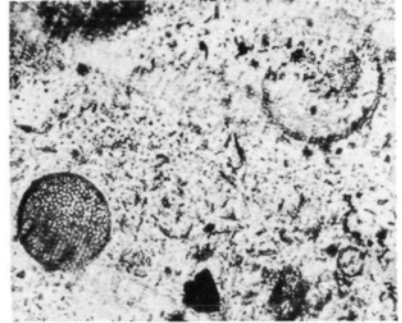


Abb. 10: Diatomeen, 200fach vergr.

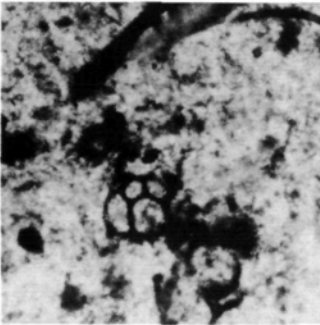


Abb. 11: Radiolarienreste, 200fach vergr.

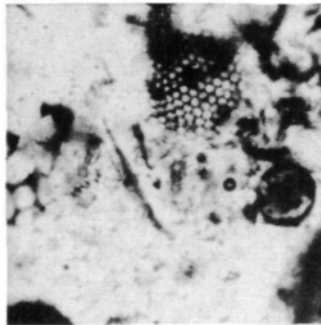


Abb. 12: Radiolarien und Diatomeen, 200fach vergr.

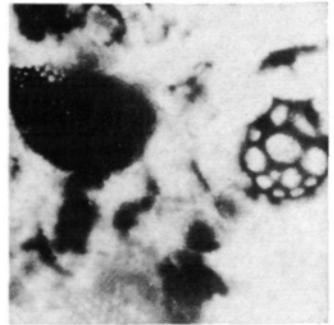


Abb. 13: Radiolarienreste, 200fach vergr.

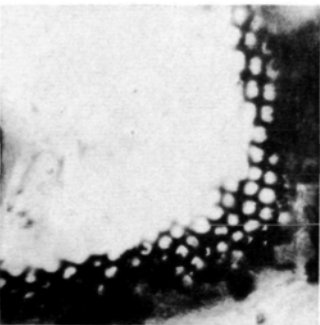


Abb. 14: Radiolarienreste, 200fach vergr.

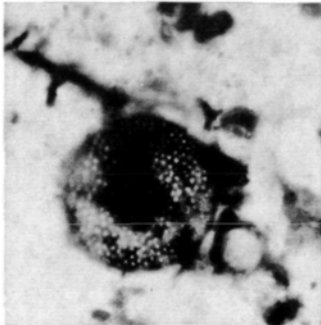


Abb. 15: Radiolarien, 200fach vergr.

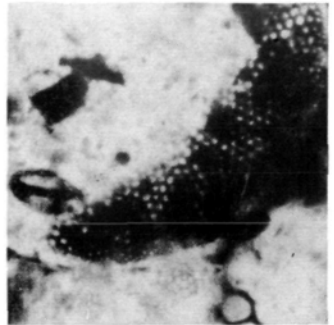


Abb. 16: Radiolarienreste, 200fach vergr.

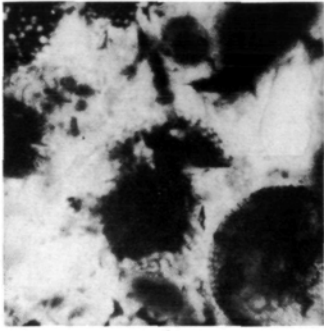


Abb. 17: Radiolarienreste, 200-fach vergr.

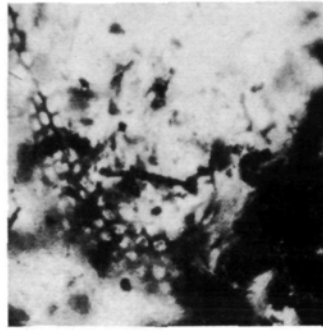


Abb. 18: Radiolarienreste, 200-fach vergr.

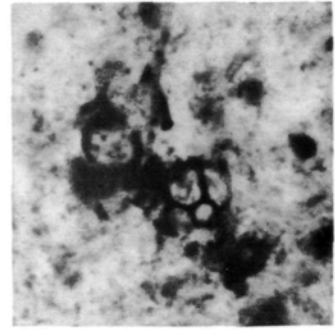


Abb. 19: Radiolarien, 200fach vergr.

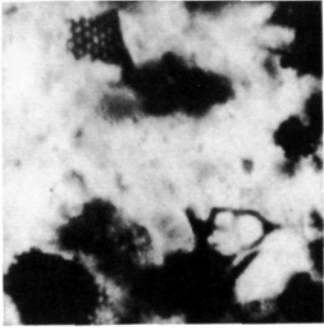


Abb. 20: Radiolarien, 200fach vergr.

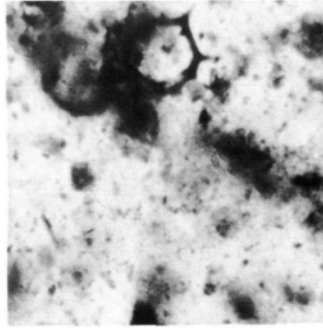


Abb. 21: Radiolarienreste, 200-fach vergr.

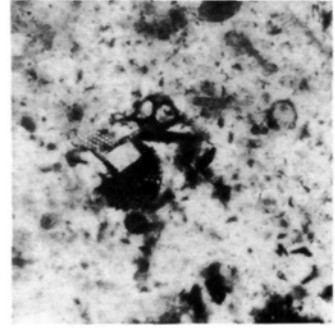


Abb. 22: Radiolarien- und Diatomeenreste, 200fach vergr.



Abb. 23: Unbestimmbares Mikrofossil, 300fach vergr.

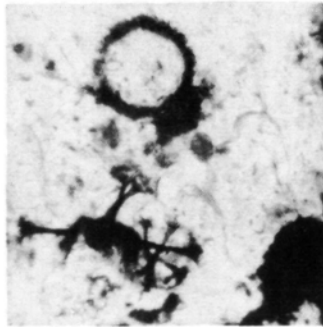


Abb. 24: Hystrichokibotium mit z. T. erhaltener Hülle, mit trichterförmigen Fortsätzen, 200fach

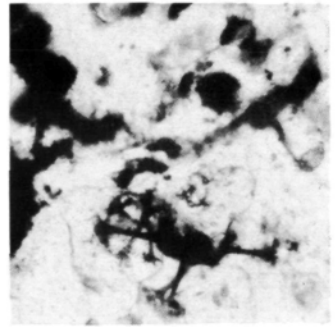


Abb. 25: Hystrichokibotium mit z. T. erhaltener Hülle, mit trichterförmigen Fortsätzen, 300fach

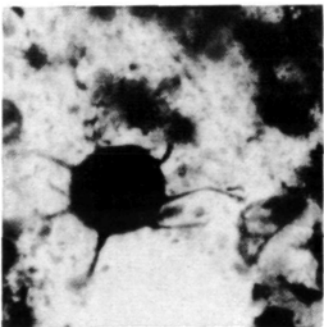


Abb. 26: Hystrichopharidium sp., 300fach vergr.

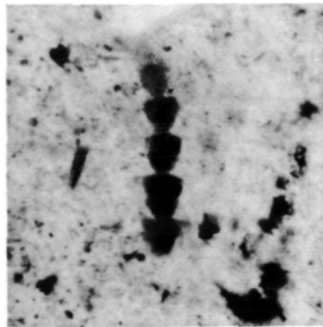


Abb. 27: Häufig vorkommende, unbestimmbare organische Reste, 200fach vergr.

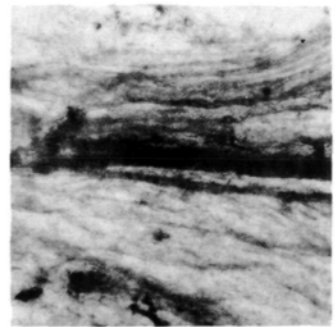


Abb. 28: Unbestimmbares, federförmiges Kieselskelett, 200fach vergr.

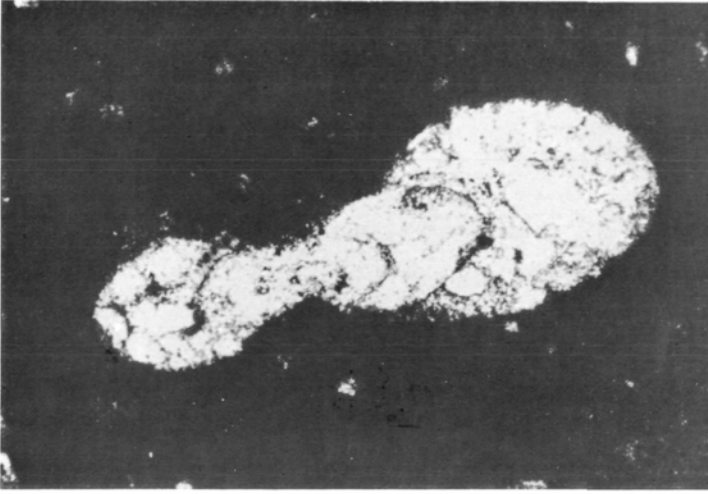


Abb. 29: Foraminiferenrest; phosphatisierter Steinkern, der noch die Kammerung erkennen läßt, 75fach vergr.



Abb. 30: Von Phosphatmasse erfüllter Skelettrest eines Fisches, 15fach vergr.

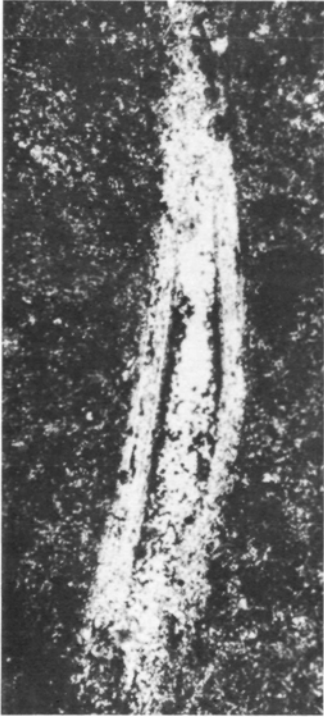


Abb. 31: Fischzahn, 75fach vergr.

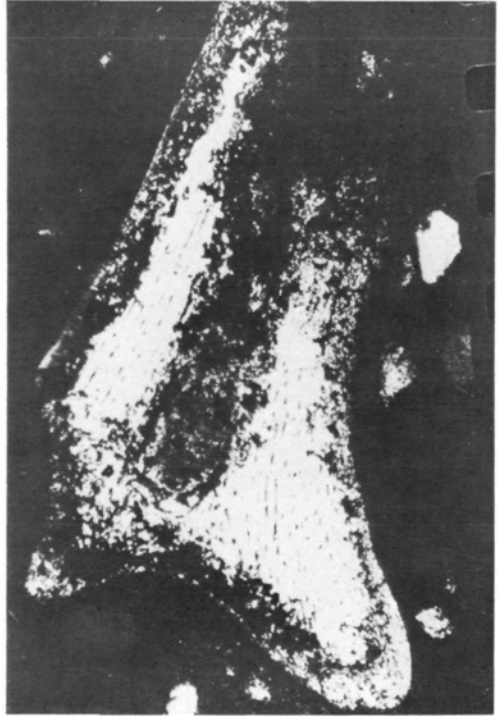


Abb. 32: Fischzahn, 75fach vergr.

bisher am Nordrand des Molassemeeres nicht bekannt und auch die angeführten Vorkommen sind brakische bis Süßwasser-Ablagerungen, vielleicht sogar aus Ästuarien. Diese sind demzufolge stratigraphisch von den Phosphoritbildungen weit entfernt und können daher zur Klimafrage des Oberoligozäns nicht herangezogen werden. Das Vorkommen von Land-säugetierresten an der Basis der Linzer Sande schließt die Existenz einer ariden Küstenregion am Nordrand des Molassemeeres deshalb nicht aus, da, ähnlich wie in Peru, Flußläufe aus dem gebirgigen Hinterland mit periodischen Niederschlägen zeitweise Wasser führten und in ihrem Verlauf eine wenn auch dürftige Vegetation aufkommen ließen, die bis zu ihrer Mündung ins Meer reichte, wie etwa die tief eingeschnittenen Täler der heutigen Rodel oder der Hasel im unmittelbaren Raum von Linz. Ein längeres Ausbleiben der Niederschläge im gebirgigen Hinterland würde der in dieser Flußufervegetation lebenden Tierwelt, ob jung oder alt, zum Verhängnis, wie dies die Funde von Resten dieser beweisen.

Das Alter der Linzer Sande, die auch im Raum um Prambachkirchen unmittelbar über dem kristallinen Grundgebirge liegen, ist wegen der in ihrer Basisnähe gefundenen Säugetierreste dem Oberoligozän (Grenze Chatt-Aquitane = tieferes Egerien) zugewiesen worden. Schon O. Abel trat entsprechend dem Entwicklungsstadium der Wal- und Sirenenfunde aus diesem Horizont für ein zumindest aquitanes Alter ein. Dies wurde später auch durch die Untersuchungen der entsprechenden Fossilreste, wie u. a. *Praeacetherium kerschneri* Spillm., *Diceratherium kuntneri* Spillm. und *Anthracoetherium aff. magnus*, von Sickenberg, Spillmann und Thenius bestätigt. Nun wurde aber für diesen Raum am Nordrand des Molassetroges von Oberösterreich eine unmittelbare Transgression des Ottnangien (unteres Helvet) auf Oberoligozän festgestellt, denn das Eggenburgien (Burdigal) findet sich hier weiter südlich als das Oberoligozän. Dieser Transgression entsprechen aber die nur stellenweise Phosphoritknollen führenden Grobsande, deren Einstufung in das Eggenburgien (Burdigal) damit unmöglich wird. Auch die von R. Grill und F. Steininger bestimmte Molluskenfauna aus den Grobsanden von Plesching, nordöstlich von Linz, entspricht zumindest dem Ottnangien (Unterhelvet), wobei eventuell ein Teil noch dem oberen Eggenburgien angehören könnte (E. Braumüller).

Was nun die Phosphorite von Prambachkirchen und Plesching betrifft, so hat schon J. Schadler darauf hingewiesen, daß sie zum größten Teil aus dem Chatt umgelagert sind. Bezüglich der Wirbeltier- und Holzreste muß festgestellt werden, daß sie nicht, wie früher angenommen wurde, den Anhaltspunkt für konkretionäre Phosphatabsonderungen bildeten, da sie ausnahmslos entweder *z w i s c h e n* den Einzelknollen zu liegen kommen, oder gelegentlich in diese oberflächlich hineingedrückt vorzufinden sind. Verschiedentlich kommt es auch vor, daß Holz- oder Tierreste in die

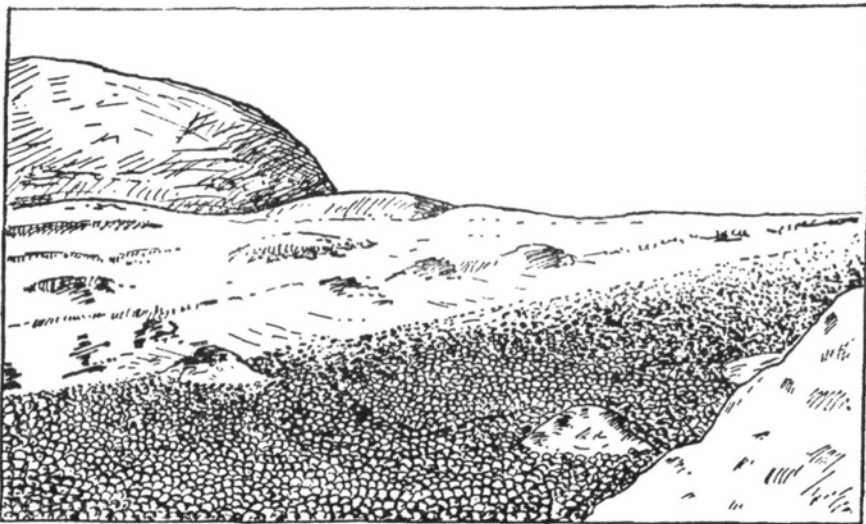


einst plastische Phosphatmasse eingerollt wurden (siehe Textabb. 5, B). Dementsprechend muß das Alter der Phosphorite und der darin enthaltenen Fossilreste, die mit denen aus den Linzer Sanden völlig übereinstimmen, das gleiche sein. Durch die Zertrümmerung der Phosphoritlager während ihrer Umlagerung im Ottnangien (Unterhelvet) gelangten verschiedentlich diese Wirbeltierreste aus ihrem Verband und wurden ebenso wie das Phosphoritgeröll den über das Oberoligozän transgredierenden Grobsanden einverleibt. Es besteht aber durchaus die Möglichkeit, daß im Zuge dieser Umlagerung untermiozäne (Eggenburgien) Faunenelemente, wie etwa der von Thenius als *Brachyodus onoideus* bestimmte Zahn (Thenius, 1960) nicht der Alterseinstufung der Phosphorite entspricht, vielmehr als typisches Leitfossil des Ottnangien (Unterhelvet), vielleicht sogar des oberen Eggenburgien (Burdigal) weiterhin aufzufassen ist.

Durch das Absinken des kristallinen Grundgebirges am Nordrand des Molassetroges, an der Grenze zwischen oberen Eggenburgien und Ottnangien, wurden die küstennahen Gebiete vom Meer überflutet und dadurch die in einem ariden Klima entstandenen, tiefgründigen Verwitterungsböden und die auf vorgelagerten Inseln vorhandenen Phosphatlagerstätten aufgearbeitet und als sogenannte Phosphoritsande umgelagert. Deshalb bestehen diese nicht allein aus Grobsanden, sondern auch aus feinkörnigen Bestandteilen der Linzer Sande mit nur lokal auftretenden Phosphoritknollen, wie bei Prambachkirchen oder Plesching. Mit letzteren finden sich verschiedentlich einzelne Zähne, Wirbel und Knochensplitter von oberoligozänen Wirbeltieren von Meeres- und Landbewohnern, sowie die bereits erwähnten Fossilreste des oberen Eggenburgien (Burdigal) bis Ottnangien (unteres Helvet), die für das Alter dieser sogenannten Phosphoritsande bestimmend sind. Die phosphatisierten Pflanzenreste der Phosphorite und die verkieselten Hölzer der Grobsande sind ebenfalls verschiedenen Alters. Erstere sind unverkennbar gleichaltrig mit den in den Phosphoriten vorkommenden tierischen Fossilresten, die gleichfalls an der Basis der Linzer Sande gefunden wurden. Letztere sind hingegen altersmäßig schwer einzustufen und könnten sogar aus dem altpliozänen Quarzschorter stammen, der bei Prambachkirchen die Grobsande überlagert (Schadler), wahrscheinlich aber sind sie während der Transgression des Ottnangien (Unterhelvet) vom Land her eingeschwemmt worden. So konnte E. Hofmann von den vielen Holzresten aus Prambachkirchen nur die verkieselten genauer bestimmen, während die phosphatisierten, vorwiegend kleinere Aststücke aus den Phosphoriten, wegen ihres schlechten Erhaltungszustands bei fehlender Skulptur, kaum eine Gattungsbestimmung ermöglichten.

### 7. Zusammenfassung

Es wurde der Versuch unternommen, die Phosphorite von Prambachkirchen als fossilen Vogelguano zu deuten. Die auffällige Ähnlichkeit dieser Phosphorite mit dem rezenten Guano der peruanischen Vogelinseln, sei es im Bezug auf die Ausbildung ihrer Makro- und Mikrostrukturen, sei es aufgrund ökologischer Überlegungen, wie man sie nur bei ausgesprochen ichthyophagen Vögeln antrifft, sollen diese Annahme bekräftigen. Grundsätzlich ist festzustellen, daß die Phosphorite auf keinen Fall als konkretionäre Phosphatabscheidungen in den oberoligozänen Tonschiefern als Muttergestein aufzufassen sind, sondern vielmehr einen konglomeratischen Verband von kleineren Einzelknollen zu größeren Massen darstellen, ähnlich dem rezenten Guano. Ausnahmslos trifft man die Tier- und Pflanzenreste nicht innerhalb, sondern zwischen den Einzelknollen an, weshalb sie nicht, wie dies J. Schadler angenommen hat, als Ausscheidungszentrum für Phosphatkonzentrationen überdüngter Meeresböden in Frage kommen. Vergleiche mit dem peruanischen Guano lassen erkennen, daß es sich diesbezüglich um kleinere Objekte handelt, die die Guanovögel für den Nestbau aus dem Strandgut auslesen und eintragen, wodurch sie zwischen die relativ rasch trocknenden Kotknollen gelangen, oder höchstens in diese oberflächlich eingedrückt werden. Die basalen Kotmassen, die einem sandigen Untergrund aufliegen, dringen in dessen Unebenheiten zum Teil ein



Textabb 7: Anhäufungen von kugeligem Guano in einer Bodensenke der Insel „La Vieja“ an der peruanischen Küste (nach eigener Skizze)



und vermengen sich innig mit Sandkörnern verschiedener Größe, ähnlich wie dies auch bei vielen, noch im Verband erhaltenen Phosphoritklumpen von Prambachkirchen zu beobachten ist. Dünnschliffe erhärten die Annahme, daß die Einzelknollen der Phosphorite nichts anderes sein können als Koprolithe ichthyophager Vögel, in denen teilweise noch der Magen-Darminhalt der von Plankton lebenden Futterfische vorzufinden ist. Pollen konnten bisher in diesen Phosphoriten nicht nachgewiesen werden, was auf eine allgemein weitgehende Zerstörung der pflanzlichen Gewebe während des Phosphatisierungsprozeß zurückzuführen ist. Nach einer mündlichen Mitteilung von Prof. W. Klaus kommt jedoch im rezenten Guano von Peru noch eine größere Menge von Kaktazeenpollen vor.

Meine Untersuchungsergebnisse stehen entschieden im Widerspruch zur Auffassung, den Ursprung der Phosphorite von Prambachkirchen aus konkretionären Phosphatkonzentrationen in den oberoligozänen Schiefertönen abzuleiten. Diese Mineralkonkretionen, die sich in einem aus schlammfeinem Quarz- und Tongemisch bestehenden Muttergestein gebildet haben sollen, seien während der nachweislich bedeutendsten Transgression an der Grenze Eggenburgien-Ottningien (Burdigal-Unterhelvet), nach J. Schadler im Burdigal, aus ihrer primären Lagerstätte aufgearbeitet worden. Schon oberflächliche Vergleiche der Phosphorite aus den Schiefertönen mit solchen der sekundären Lagerstätte in den Phosphoritsanden, lassen deutlich erkennen, daß sich erstere durch einen merklich verringerten Phosphatgehalt, geringere Größe und durch ihre typisch flachgedrückte Form von letzteren unterscheiden. Dies weist vielmehr darauf hin, daß wohl, wie dies schon J. Schadler angenommen hat, eine gemeinsame Genese vorliegt, jedoch in umgekehrter Reihenfolge, denn die durchschnittlich auffallend größeren Phosphorite mit viel höherem Phosphatgehalt können nicht von den merklich kleineren mit bedeutend geringerem Phosphatgehalt abgeleitet werden. Nach meinem Ermessen sind die Phosphoritlager im Oberoligozän auf einigen, der ariden Küste vorgelagerten Inseln entstanden, wo sie teilweise durch Unterwaschungen im Liegenden ins Meer abstürzten. Durch die Gezeiten wurden selbst Einzelknollen aus ihrem Verband gelöst und als solche den schlammigen Tonsedimenten einverleibt. Auf diese Weise haben sie ihre randlich scharfe Abgrenzung, einen Teil ihres Phosphatgehaltes sowie ihre ursprüngliche Form eingebüßt und eine diagenetische Abänderung erfahren. Obwohl sich diese Phosphorite leicht aus ihrem Muttergestein lösen, sind solche bisher noch nie in den Grobsanden gefunden worden. Der Großteil der insularen Phosphatlager hat sich seit dem Egerien über dem Meeresspiegel erhalten, bis sie durch die Transgression an der Grenze Eggenburgien-Ottningien überflutet, aufgearbeitet und umgelagert wurden. Mit dem beginnenden Rückzug des Meeres vor dem Eggenburgien (Burdigal), der bis zum Beginn des Ottningien andauerte, sind diese Guanoinseln

der Vorzeit dem Festland einverleibt worden. Damit sind bereits im Egenburgien (Burdigal) die auf den Inseln lebenden Vogelkolonien abgewandert und nicht mehr zurückgekehrt. Reste solcher Vogelkolonien sind aber für das Mittelmiozän bis Sarmat in südöstlichen Regionen Europas nachgewiesen, doch im Raum um Linz findet man seither keine derartigen Phosphatvorkommen mehr. Die durch die große Transgression im Otrnanngien zerstörten, bereits weitgehend fossilisierten Guanolager wurden als Strandgeröll, speziell in den basalen Lagen der diskordant über den Linzer Sanden liegenden Grobsanden angereichert. Von solchen Phosphoriten sind bisher noch keine in den Tonschiefern nachgewiesen worden. Ältere Phosphoritbildungen dieser Art sind meines Erachtens schon deshalb nicht möglich gewesen, da im Rupel der Meeresstrand viel weiter im Süden lag, so daß die Höhen um Prambachkirchen oder Plesching erst mit steigendem Meeresspiegel im unteren Egerien (Chatt) als Inseln vom Festland abgetrennt wurden und erst dann die ausschließlich inselbewohnende, ichthyophage Vogelwelt, mit ähnlichen Lebensweisen wie die Guanovögel der Gegenwart, dort günstigere Brutstätten fand.

Die auffallende Ähnlichkeit der Phosphorite von Prambachkirchen und Plesching mit den Exkrementen der rezenten Guanovögel, ferner die daraus abzuleitende Wahrscheinlichkeit ähnlicher Umweltsbedingungen für die bereits im Oligozän Europas nachgewiesenen direkten Vorfahren dieser fischfressenden Vogelwelt und schließlich Erwägungen geologischer Verhältnisse, dürften die Frage, ob diese Phosphorite fossiler Guano seien, positiv beantworten.

## 8. Literaturhinweise

- O. A b e l, 1914: Die Vorfahren der Bartenwale. Denkschr. Akad. Wiss., mathem.-naturw. Kl. 90, Wien.
- D e r s., 1904: Die Sirenen der mediterranen Tertiärbildungen Österreichs. Abh. geol. R.-Anst. 19, Wien.
- D e r s., 1905: Über Halitherium bellunense, eine Übergangsform zur Gattung Meaxytherium. Jb. geol. R.-Anst. 55, Wien.
- F. B e h r e n d und G. B e r g, 1927: Chemische Geologie, Stuttgart.
- E. B r a u m ü l l e r, 1961: Die paläogeographische Entwicklung des Molassebeckens in Oberösterreich und Salzburg. Erdöl - Z. 77.
- G. F u c h s und O. T h i e l e, 1968: Erläuterungen zur Übersichtskarte des Kristallins im westlichen Mühlviertel und im Sauwald, Oberösterreich. Geol. B.-Anst. Wien.
- R. G r i l l, 1935: Das Oligozänbecken von Gallneukirchen bei Linz a. d. Donau und seine Nachbargebiete. Mitt. Geol. Ges. Wien, 28.
- E. H i n t z e, 1951: Biostratonomische Beobachtungen zur Karte eines umgebrochenen miozänen Braunkohlenwaldes im Tagbau Vergrüßmeinnicht der Bitterfelder Luisen-Grube. Braunkohle. Zeitschr. f. Gewinnung und Verwertung der Braunkohle, 33, H. 3, Halle.
- K. L a m b r e c h t, 1933: Handbuch der Palaeornithologie. Berlin.
- A. H e i m, 1919: Geologie der Schweiz, Bd. 2, S. 353. Leipzig.
- E. H o f m a n n, 1944: Pflanzenreste aus dem Phosphoritvorkommen von Prambachkirchen in Oberdonau. Palaeontogr., 88 B, Stuttgart.

- F. R i n n e, 1928-1940: *Gesteinskunde*, 12. Aufl., Leipzig.
- J. S c h a d l e r, 1932: Ein neues Phosphoritvorkommen (Plesching bei Linz). *Verh. Geol. B.-Anst.*, S. 58-60, Wien.
- D e r s., 1934: Weitere Phosphoritfunde in Oberösterreich. *Verh. Geol. B.-Anst.*, S. 129-130, Wien.
- D e r s., 1944: vide E. Hofmann 1944, Stuttgart.
- O. S i c k e n b e r g, 1934: Die ersten Reste von Landsäugetieren aus den Linzer Sanden. *Verh. Geol. B.-Anst.*, Wien.
- F. S p i l l m a n n, 1952: Contribución al estudio de la génesis de fosforitas. *Bol. Soc. Geol. Perú.* 25. Lima.
- D e r s., 1959: Die Sirenen aus dem Oligozän des Linzer Beckens mit Ausführungen über Osteosklerose und Pachyostose. *Denkschr. Osterr. Akad. Wiss. mathem.-naturw. Kl.* 110, Wien.
- D e r s., 1969: Neue Rhinocerotiden aus den oligozänen Sanden des Linzer Beckens. *Jb OÖMV*, Bd. 114, I. Abh., Linz.
- D e r s., 1969: Die fossilen Säugetierfaunen des Linzer Raumes. *Katalog Geol. und Paläont. des Linzer Raumes*, Oberösterreich. Landesmuseum Linz.
- E. T h e n i u s, 1960: Wirbeltierfunde aus der paläogenen Molasse Österreichs und ihre stratigraphische Bedeutung. *Verh. Geol. B.-Anst.*, S. 82-88, Wien.
- M. T h é v e n i n, 1903: Etude géologique de la bordure sud-ouest du massif central. *Bull. Carte géol. de France*. No. 95, p. 116-117, Paris.
- H. Z a p f e, 1953: Zur Altersfrage der Braunkohle von Langau bei Geras in Niederösterreich. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*; Jg. 88, H. 1, Wien.