

Die Phosphate in Österreich.¹⁾

Von Bergrat **Dr. Gustav Götzinger**,

Geologen der Geologischen Bundesanstalt Wien, Korrespondenten der österreichischen
Bundeshöhlenkommission.

Phosphate von Bedeutung sind in Österreich vor allem aus den Gruppen der Phosphorite und der Höhlenphosphate vorhanden, während von der Aufzählung der anderen phosphatischen Mineralien und Gesteine wegen ihrer Bedeutungslosigkeit hier abgesehen werden kann.²⁾

I. Phosphorite.

Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, beziehungsweise das Ackerbauministerium, hat schon während des Krieges und nachher im Verfolg seiner großzügigen Aktion zur Gewinnung von Düngephosphaten, worüber besonders im zweiten Abschnitte — Höhlenphosphate — zu berichten sein wird, nach Phosphaten Umschau gehalten und im alten Cisleithanien unter anderen die Phosphoritlagerstätten Ostgaliziens untersuchen lassen, Forschungen, an welchen auch der Verfasser sich beteiligte; aus regionalen Gründen kann hier nicht mehr davon die Rede sein.³⁾

Die Lagerstätte der Phosphoritknollen aus dem Kohlenbergbau St. Stefan im Lavanttal in Kärnten ist heute abgebaut und ersäuft und hat nur wissenschaftliches Interesse. Jüngere Analysen derselben ergaben:

¹⁾ Dieser über Veranlassung des XIV. Internationalen Geologenkongresses Madrid verfaßte Bericht wurde von Österreich für die Phosphatinventur der Erde dort vorgelegt.

Am Kongreß in Madrid hielt der Verfasser einen Vortrag über „Die österreichische Phosphatforschung“, der mehr die Organisation der Forschung und die wissenschaftlichen Ergebnisse in den bereits zum Abbau gelangten Phosphathöhlen behandelte.

²⁾ So von den Apatit- und Lazulitvorkommen (Salzburg und Steiermark). Desgleichen kommt den jüngst wieder in jüngeren sedimentären Gesteinen nachgewiesenen P_2O_5 -Anreicherungen, z. B. in den Kalken und Sandsteinen der ersten Mediterranstufe in Niederösterreich (Zeitschrift Internat. Bohrtechniker-Verband, 1926, S. 208), vorläufig nur wissenschaftliches Interesse zu.

³⁾ Eine Erforschung der Phosphatlagerstätten Böhmens, welche seitens des Gefertigten im Auftrage des Ackerbauministeriums geplant war, unterblieb infolge Zusammenbruches der Monarchie.

H ₂ O	11'68 ‰
P ₂ O ₅	27'38 ‰
N ₂	0'089 ‰.

Auch nach den bis dahin unbekanntem, aber nach Analogie mit den Gaultgrünsandstein der Schweiz und Westeuropas erwarteten Phosphoritvorkommnissen von Vorarlberg erfolgte 1920 im Auftrage des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft durch den Verfasser eine informative Bereisung, welche zur Entdeckung von Gaultphosphoriten bei Bezau und nördlich von Bizau führte, worüber J. Schädler⁴⁾ jüngst berichtet hat, der auch 1924 dort einige Begehungen durchführte. Inzwischen aber haben die von der Züricher Schule hervorgegangenen, sehr eingehenden Untersuchungen des Vorarlberger Kreidegebietes durch H. W. Schaad,⁵⁾ H. Sax,⁶⁾ H. E. G. Straeter⁷⁾ und P. van Thiel⁸⁾ an vielen Orten Phosphoritlager nachgewiesen, und ich verdanke Herrn Dr. Schaad mehrere Angaben für diesen Bericht.

Geologische Lagerungsverhältnisse.

Die stratigraphische, beziehungsweise sedimentologische Einreihung der Phosphoritlager konnte in Vorarlberg an die gleichen Zonen des Gault wie in der Schweiz anknüpfen, worüber Truninger⁹⁾ ausführlich berichtet hat. Es sind wie

⁴⁾ Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt Wien. Wien 1925, S. 197.

⁵⁾ Geologische Untersuchungen in der südlichen Vorarlberger Kreide-Flyschzone zwischen Feldkirch und Hochfreschen. Dissertation, Zürich 1925.

⁶⁾ Geologische Untersuchungen zwischen Bregenzer Ach und Hohem Freschen. Dissertation, Zürich 1925.

⁷⁾ Geologische Forschungen zwischen Bezau und Egg (Vorarlberg). Dissertation, Zürich 1924.

⁸⁾ Geologische Untersuchungen zwischen Winterstaude und Subensach. Dissertation, Zürich 1925.

⁹⁾ Über das Vorkommen natürlicher Phosphate in der Schweiz und deren Verwendung zu landwirtschaftlichen Zwecken. Landw. Jahrbuch der Schweiz, 1919, S. 288. Dort auch die einschlägige ältere Literatur.

Mehrere Angaben über die Phosphorizonen sind enthalten überdies in:
A. Heim, Zur Geologie des Grüntens im Allgäu. Vierteljahrh. Naturf. Ges., Zürich, 1919, S. 458;

W. Kockel, Die nördlichen Ostalpen zur Kreidezeit. Mitteil. d. Geol. Ges., Wien, 1922;

M. Richter, Beiträge zur Geol. der helvet. Zone zwischen Iller und Rhein. Mitteil. d. Geol. Ges., Wien, 1924.

in der Schweiz, in Vorarlberg im Albien zwei Phosphorit-horizonte im Grünsandstein: der obere, der sogenannte Lochwald-Phosphoritzug, wahrscheinlich Ober- und Mittelalbien; der untere, der sogenannte Durchschlägi-Phosphoritzug, Unteralbien.

Außerdem sind noch Phosphorite im darunterliegenden Gargasien in den Luitere-Mergeln zu verzeichnen.

Die Phosphorite erscheinen als dunkle Pigmentierungen besonders bei der Verwitterung des Grünsandsteines deutlich und bilden unregelmäßige, rundliche und eckige, nuß- bis faustgroße Knollen in wenige Zentimeter oder Dezimeter mächtigen Anreicherungs-zonen. Sie bestehen aus einem Kern von Calcit mit Phosphatsubstanz mit Quarz- und Glaukonitkörnchen, während die Hülle von amorphem Calciumphosphat (Kollophan) gebildet ist.

Der Lochwaldphosphoritzug ist 10 bis 60 cm mächtig und besonders reich an Phosphoritknollen, die sich an Fossilien knüpfen. Wie auch in der Schweiz ist die Anreicherung an Knollen hier größer als im Durchschlägizug. Die Knollen haben Durchmesser von wenigen Millimetern bis zu 3 cm. Lokal erscheinen nur Knollen, wenn das aus Glaukonit, Quarz, etwas Kalk und Ton bestehende Gesteinsbindemittel verwittert ist.

Dieser Phosphoritzug ist im Bereich der mittleren Faltenpakete der nördlichen helvetischen Vorarlberger Kreide zwischen Götzis-Frastanz und Bezau bis zur bayrischen Grenze verbreitet. Im westlichen Vorarlberg fehlt er. In der südlichen Faltenzone, wo man es wahrscheinlich gleichfalls mit ihm zu tun hat, erscheint er bei Feldkirch-Rankweil im Rheintal und zieht zum Hohen Freschen und zur Mörzelspitze; dagegen fehlt er an der Bregenzer Ache.

Der Durchschlägi-phosphoritzug bildet eine Anreicherung von Phosphorit in der 13 m mächtigen Durchschlägifossilschicht. In einer sandig-kalkigen glaukonitischen Grundmasse stecken grüne bis blauschwarze Knollen mit Fossilsteinkernen. Der Phosphoritzug ist jedoch viel weniger deutlich ausgebildet, auch die Knollen sind kleiner (Klien). Die Verbreitung dieses Phosphorit-zuges ist ähnlich wie die des oberen Lochwaldzuges, nämlich im nordwestlichen Vorarlberg — vergleiche besonders die Profile nach Sax: Altenhofalpe—

Binnelgrat am Hohen Freschen und das Profil des untersten Schrofen westlich von Mellau — nur fehlt er im östlichen Voralberg vollständig; er fehlt bereits im Bayerberggebiet.

Der Phosphoritzug der Luiteremergel des Gargasie ist nach Schaad nur in den südlichen Kreideketten Voralbergs ab Feldkirch entwickelt. Die Mächtigkeit beträgt nur 10 bis 25 cm, er beschränkt sich auf das Ardetzengewölbe.

Chemische Analysen der Phosphoritschicht liegen mir durch die neueste Untersuchung eines Handstückes vom Ardetzenberg bei Feldkirch durch Bergrat Dr. O. Hackl vor, wonach

13'71 % P_2O_5 bestimmt wurden.

Schadler gibt von den Phosphoritflözen von Bezaun und Bizau einen Durchschnittsgehalt von 10 bis 18 % P_2O_5 an. Die Schweizer Vorkommen (Truninger) besonders im Lochwaldfossilzug haben Gehalte von 17'5 bis 19 % P_2O_5 .

Mengenbestimmung.

Die Phosphorite sind selbstverständlich bergmännisch nur im Tagbau am Ausbiß oder durch Stollen zu gewinnen. Der bergmännische Abbau wird nur bei größerer Mächtigkeit des Lagers und bei günstigem Bindemittel rentabel erscheinen können. Da die systematische Aufnahme der Phosphoritlager in Voralberg daraufhin, besonders bezüglich Mächtigkeit, Anreicherung der Knollen und hinsichtlich des Chemismus, über das Anfangsstadium noch nicht gediehen ist und insbesondere Probe-schürfungen notwendig wären, bei den hochgelegenen Vorkommen überdies ein Abbau von vornherein in Frage steht, wurde von einer Mengenbestimmung der Phosphorsäure im Voralberger Hoffnungsgebiet abgesehen.

Der Verwendbarkeit sind vorläufig namentlich durch die feste und zähe Verbackung der Phosphoritknollen im Grün-sandstein und auch wegen der geringen Schichtmächtigkeit Grenzen gezogen. Besonders in der südlichen Kreideregion stecken Knollen sehr zähe verkittet in der Gesteinsgrundmasse.

II. Höhlenphosphate.

Von viel größerer Wichtigkeit sind für Österreich die in den zahlreichen Höhlen häufiger nachgewiesenen Phosphate,

besonders die Phosphaterden, die phosphathältigen lehmigerden Ablagerungen in den Höhlen.

In der Organisation der Erforschung und Gewinnung der Höhlenphosphate hatte Österreich, als es an diese Frage im Kriege herantrat, kein Vorbild, und es ist ein besonderes Verdienst des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft (beziehungsweise Ackerbau-M.) in dieser Hinsicht geradezu bahnbrechende und vorbildgebende Arbeit geleistet zu haben.

Insbesondere Dr. Rudolf Willner in diesem Ministerium war es, der noch im Kriege, als der Mangel an Kunstdünger sich besonders fühlbar machte, auf die praktisch wirtschaftliche Bedeutung der österreichischen Höhlen auch im Hinblick auf die Gewinnung von Phosphaten aus den lehmigen und erdigen Höhlenerfüllungen hinwies. Über seine Initiative wurden durch ein Staatsgesetz 1918 Phosphatvorkommen jeder Art dem Staate vorbehalten (Phosphatgesetz) und die neu gegründete staatliche Höhlenkommission, aus Männern der Wissenschaft und Praxis zusammengesetzt, schritt an die systematische Durchforschung und Aufschließung der österreichischen Höhlen. Sie führte zunächst zur Schaffung eines Katasters sämtlicher Höhlen Österreichs, soweit sie befahren und meist kartiert sind, geordnet nach Ländern, Bezirkshauptmannschaften und Gemeinden (zirka 1500 Höhlen). In vielen Höhlen konnte ein Gehalt an P_2O_5 in den Lehmen nachgewiesen werden. Daraus entstand ein Höhlendüngerkataster, gleichfalls im Ackerbauministerium geschaffen, der besonders die Analysenfunde (P_2O_5 und N) enthält. Die zahlreich eingelaufenen Proben wurden zunächst in der landwirtschaftlich-chemischen Versuchsstation in Wien, dann aber in den eigens vom Ministerium geschaffenen Höhlendüngerlaboratorien, zuerst in Peggau und dann in Mixnitz, analysiert.

Die folgenden Ausführungen stützen sich zum Teil auf eine Verarbeitung der bis 1926 schon ansehnlich gewordenen Höhlen- und Höhlenphosphatliteratur Österreichs — das vornehmste Organ dafür ist das aus den Berichten der staatlichen Höhlenkommission hervorgegangene Speläologische Jahrbuch — zum Teil auf die Verarbeitung des sehr umfangreichen Beobachtungs- und Aktenmaterials des Bundesministeriums für

Land- und Forstwirtschaft. Gerne ergreife ich die Gelegenheit, für die entgegenkommende Unterstützung dieser Arbeit dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, der Bundeshöhlenkommission, insbesondere den Herren: Ministerialrat Dr. Rudolf Willner, dem Leiter der Höhlenkommission, Sektionsrat Dr. Rudolf Saar, dem stellvertretenden Leiter, und Professor Dr. Georg Kyrle, dem Vorstand des speleologischen Institutes, den verbindlichsten und ergebensten Dank auszusprechen.

Groß ist die Zahl der erfolgreichen Höhlenforscher, welche teils auf oft schwierigen Expeditionen im Auftrage der Bundeshöhlenkommission, teils im Auftrage der bezüglichen Landesregierungen und Fachvereine für Höhlenkunde an der Herbeischaffung des wertvollen Materials gearbeitet haben.

Es müssen hier nur die folgenden Namen genügen: **Steiermark**: O. Abel, M. Bizzarro, H. Bock, V. Hilber, G. Kyrle, A. Mayer, H. Mayer, H. Reisner, R. Saar, J. Schadler, O. Wettstein, R. Willner; **Oberösterreich**: H. Bock, G. Lahner, F. Morton, R. Saar, J. Schadler, O. Schauburger; **Niederösterreich**: G. Kyrle, F. Mühlhofer, M. Müllner, R. Saar; **Salzburg**: E. Angermayer, W. Czörnig, G. Freytag, M. Hell, F. Oedl, R. Oedl; **Tirol**: M. Bizzarro, R. Sinwell, L. Weirather; **Kärnten**: O. Hossé, H. Reisner.

A. Vorkommen.

a) Phosphathöhlen in Steiermark.

In Steiermark sind davon die folgenden die wichtigsten: Drachenhöhle, Große Peggauerhöhle, Badlhöhle, Repolusthöhle, Arzberghöhle und Bärenloch.

Drachenhöhle. Die größte Lagerstätte ist die 490 m lange Drachenhöhle im Rötelstein (1234 m) bei Mixnitz, die allerdings in den Jahren 1920 bis 1923 abgebaut wurde und daher nur kurz erwähnt werden kann. Aus dieser, in Seehöhe 950 m am linken Gehänge der Mur im Devonkorallenkalk gelegenen Höhle wurden mittelst Seilbahn zur Talstation Mixnitz etwa 3000 Waggons herabgefördert. Die Gesamtmenge der Phosphatablagerung in der Drachenhöhle schätzte Schädler¹⁰⁾ auf mindestens $25.000 \text{ m}^3 = 27.500 \text{ t}$ Phosphaterde, was bei

¹⁰⁾ Speleologisches Jahrbuch 1921, S. 42, Wien.

einem durchschnittlichen Gehalt von 13,5 % P_2O_5 , einer Menge von rund 3700 t P_2O_5 entspricht. Tatsächlich wurden abgebaut 2500 t P_2O_5 . Die Drachenhöhle war das große Studienfeld für die Höhlenphosphatfrage Österreichs.

Lagerstätte. Die Ablagerung hatte stellenweise nach dem Befund der Abgrabungen eine Mächtigkeit von 9 m und erfüllte die Becken zwischen den nach der Außeraktionssetzung der jungtertiären Wasserhöhle niedergebrochenen Versturzmassen. Die unter Mitwirkung von späteren Verschwemmungen und Umlagerungen zum Absatz gelangten, deutlich geschichteten Phosphaterdeablagerungen sind hier geradezu durch die Versturzmassen zurückgestaut worden. Die Erhaltung mächtiger Phosphaterden überhaupt in Trockenhöhlen knüpft sich an tiefer gelegene Mulden, beziehungsweise Aufstauungen durch Verstürze, an Höhlen mit höherem Eingang.

Über die chemisch-geologischen Verhältnisse hat zuerst Schadler¹¹⁾ berichtet. Die Phosphaterden zeigen sich hier mulmig-erdig, in feuchtem Zustande klebend, aber wenig knetbar, im trockenen Zustand pulverig. Das Material ist meist braun, doch kommen auch graue, ja gelbe und weiße und schwarze Streifen vor. Letztere sind besonders auf organische Substanzen zurückzuführen. Im allgemeinen zeigten sich die oberen Lagen mehr braun, mulmig, dagegen die tieferen mehr grau und etwas mehr tonig, während die tiefsten Schichten aus gelbem Ton und Sanden und Schottern bestehen, die phosphatarm sind. Die Schichtung ist meist ausgeprägt und durch die Verschiedenfarbigkeit der Schichten deutlich gekennzeichnet. In der Phosphaterde sind Lagen von Knochen, die nach Abel und Schadler in zwei Horizonten erscheinen, wovon der Haupthorizont durch die ganze fast 500 m lange Höhle durchzieht. Sie kommen aber auch unregelmäßig verstreut vor. An gewissen Nischen der Wände waren Knochen außerordentlich angereichert und hat Abel viele Schädel von *Ursus spelaeus* aufgedeckt. Der Gehalt an Phosphorsäure ist im Durchschnitt 13,5 % im bergfeuchten Zustand. Was die vertikale Verteilung der Phosphorsäure anlangt, so ist sie ziemlich gleichmäßig verteilt, was für die Lieferung gleichwertigen Materials für Dünge-

¹¹⁾ Berichte der Bundeshöhlenkommission, II, 1921, S. 42 und III, 1922, S. 34, Wien.

zwecke von größter Wichtigkeit war. Es haben offenbar Phosphatlösungen die ganzen Massen gleichmäßig durchdrungen. Dagegen ist der Gehalt an Wasser großen Schwankungen in der Phosphaterde ausgesetzt, sowohl jahreszeitlich infolge verschiedener Tropfwassertätigkeit, wie auch in der Vertikalen, indem die oberen mehr braunen Schichten entsprechend ihrer kolloidalen Beschaffenheit einen höheren Wassergehalt (30 bis 50 %) aufwiesen, während die tieferen grauen Schichten nur einen Wassergehalt von 25 bis 30 % hatten. Bei den liegenden, aus gelbem Ton und Sand und Schotter bestehenden Schichten war der Wassergehalt sogar noch geringer (10 bis 20 %).

Große Peggauer Felsenhöhle. Sie liegt in der Peggauerwand im Murtal oberhalb Graz und entspricht der Bezeichnung III bis VI der zahlreichen Peggauerhöhlen. Die hier auftretenden Phosphaterden mit Knochenerden sind gleichfalls zum Teil bereits abgebaut worden, bis jetzt etwa 60 Waggons zu durchschnittlich 6 % P_2O_5 , daher 36 t P_2O_5 . Stellenweise wurden aber Gehalte bis 17,6 % festgestellt. Immerhin sind noch etwa 50 Waggons vorhanden, also ein Hoffnungswert bei Durchschnittsgehalt von 6 % 30 t P_2O_5 .

Die Phosphaterden¹²⁾ stellen gleichfalls Infiltrationen des Höhlenlehms durch P_2O_5 dar, die wohl vorwiegend aus den Exkrementen und Leichen von Höhlenbären stammt. Nach den zahlreichen Höhlenbärenknochen ist zu schließen, daß die Höhlenbären längere Zeit hier gewohnt haben. Doch dürfte sich auch hier Fledermausguano beteiligt haben, wie er noch heute an den Gallerien des Hauptschachtes beobachtet werden kann. Das österreichische Ackerbauministerium hat in dieser Höhle zuerst Untersuchungen über Beschaffenheit und Menge der Höhlenphosphatlagerstätten gemacht, jedoch zeigten die Aufschlußarbeiten, daß eine starke Vermengung der Phosphaterde mit Schutt von Deckenbrüchen vorliegt, so daß bisher nur das Material abgebaut wurde, wo das sperrige Material nicht mehr als 50 % beträgt. Die Aufschlußarbeiten ergaben große Unterschiede in der Haltigkeit an P_2O_5 . Immerhin konnte eine solche von 6 % als Durchschnittswert angenommen werden. Abgesehen von der erwähnten Sperrigkeit erwies sich die Phosphat-

¹²⁾ Kyrle, Grundriß der theoretischen Speläologie. Wien, Speläolog. Monographien, S. 242.

erde besonders gegen die tieferen Lagen hin als verhältnismäßig feucht, so daß die Streufähigkeit herabgemindert war. Die Abbautiefen waren im vorderen und mittleren Teil der Höhle 3 bis 4 m.

Die rückwärtigen Teile der Höhle auf eine Länge von etwa 45 m und auf eine durchschnittliche Breite von 10 m sind noch nicht abgebaut. Hier fand sich das beste Material als kegelförmige Aufschüttung unter dem Hauptschacht.

Die gleichfalls in der Peggauerwand gelegene

Glaserlucke¹³⁾ führt knochenfreie, fast ganz steinlose, bis 3·5 m mächtige Phosphaterde, die aus Fledermausguano hervorgegangen ist. Ihr Durchschnittsgehalt wird mit 4% P_2O_5 angegeben. Zu dem teilweise sichtbaren Quantum kommt noch eine Kubatur von Erde, welche von Steinen bedeckt ist. Die gesamte Höhlenerfüllung wird bei einer Länge von 20 m, Breite von 8 m und einer mittleren Mächtigkeit von 2 m mit 320 m^3 , also 350 t, geschätzt. Werden davon zwei Drittel Erde angenommen, also rund 240 t, so resultieren bei einer durchschnittlichen Haltigkeit von 4% P_2O_5 rund 10 t P_2O_5 .

Badlhöhle. Die Phosphaterde von hier ist etwas plastisch-lehmig und führt zahlreiche Knochenreste, ist aber zum Teil bedeutend von Bruchschutt durchsetzt. Die Verteilung des Phosphatgehaltes ist nicht so gleichmäßig wie in der Drachenhöhle; es nimmt die Haltigkeit im allgemeinen gegen die Tiefe hin ab. Kyrles Profil¹⁴⁾ zeigt eine zirka 3·5 m mächtige, zu oberst erdig-graubraune, unten steinige, im Durchschnitt 9 bis 14% haltende Phosphaterdeschicht, hangend auf einer mindestens 4 m mächtigen braunerdigen und gelblich lehmigen Schichte von bloß rund 1% P_2O_5 -Haltigkeit. Die Grenze zwischen beiden Schichten bildet eine von dem seinerzeitigen Höhlengewässer abgesetzte Sandschicht ohne Phosphatgehalt. Trotzdem kann angenommen werden, daß der P_2O_5 -Gehalt auch der tieferen Schichten von der Infiltration von oben stammt. Die höchste beobachtete Haltigkeit wurde mit 16·37% festgestellt; der durchschnittliche Wassergehalt beläuft sich auf 20%. Nachdem schon im Jahre 1918 von der staatlichen Höhlenkommission ein Antrag gestellt worden war, die Höhle

¹³⁾ Kyrle, Theoretische Speläologie, S. 248.

¹⁴⁾ Ebenda, S. 174.

abzubauen, wurden im folgenden Jahr rund 400 t Erde bei einer durchschnittlichen Haltigkeit von 7% gewonnen, mithin 28 t P_2O_5 ; etwa die gleiche Menge ist noch nicht abgebaut 30 t P_2O_5 .

Mit der Badlhöhle, einer Labyrinthhöhle mit mehreren Hallen und stark verzweigten Gängen, steht wahrscheinlich durch ein Gangsystem in Verbindung die

Kapellenhöhle¹⁵⁾, gleich nördlich von der Kapelle an der Straße von Peggau nach Bruck gelegen, weil die hier auftretenden Phosphaterden in der Haltigkeit (18% bis 54% P_2O_5) und Verteilung des Phosphates große Ähnlichkeit haben. Die Menge der Phosphaterden beläuft sich auf etwa 30 m³, demnach 33 t Erde, was bei einer durchschnittlichen Haltigkeit von 4% P_2O_5 . 13 t P_2O_5 ergibt.

Repolusthöhle. Sie liegt wie die Badlhöhle im Badlgraben, einem Seitental der Mur, oberhalb Peggau. Sie erwies sich gleichfalls phosphaterdeführend. Auch Knochen finden sich, hingegen ist eine Mengung mit Schotter und Bruchschutt wie in der Badlhöhle nicht in dem Maße vorhanden. Besonders bemerkenswert ist von hier die außerordentliche Feinheit und große Trockenheit des Materials. Die Bundeshöhlenkommission hat hier 1920 Aufschließungen durchführen lassen, zu einem Abbau kam es aber nicht. An einigen Stellen nimmt der Phosphatgehalt deutlich gegen die Tiefe hin zu und stieg bis 3 m Tiefe sogar auf 1678% P_2O_5 bei 2265% H_2O -Gehalt. Doch wurden auch Gehalte mit nur 2 bis 3% beobachtet.

Da noch systematische Aufschließungen fehlen, kann der Durchschnittsgehalt an P_2O_5 mit etwa 5% geschätzt werden, so daß bei der von H. Bock durchgeführten Kubatur von 200 t Phosphaterde etwa 10 t P_2O_5 resultieren.

Arzberghöhle bei Wildalpen. In ihr wurden seit 1919 Phosphaterden nachgewiesen, die noch nicht abgebaut sind. Die Höhle bildet mehrere Etagen, die durch labyrinthische Gänge miteinander in Verbindung stehen. In der obersten Halle der Höhle liegen mit zahlreichen Höhlenbärenknochen vermengt geschichtete Phosphaterdemassen von zirka 30 m³ Kubatur. Kluft- und Sickerwässer lagern nach starken Niederschlägen die Phosphaterden von hier nach tieferen Stellen um,

¹⁵⁾ Berichte der staatlichen Höhlenkommission 1920, I, S. 50.

so daß die obere Phosphatlagerstätte allmählich zerstört werden kann. Der Phosphatgehalt scheint, nach einem Tiefenprofil zu schließen, nach der Sohle hin zuzunehmen:

	H ₂ O	P ₂ O ₅ vom Feuchten	P ₂ O ₅ vom Trockenem
Aufschluß 0·35 m tief	31·93 % ₀	5·99 % ₀	8·80 % ₀
1·30 m	33·87 % ₀	11·31 % ₀	17·10 % ₀

Die Höhle ist für den Abbau in Aussicht genommen und wird die Kubatur geschätzt mit:

30 m³ Phosphaterde mit 17% P₂O₅ = 6·1 t P₂O₅
 50 m³ 1—2 % P₂O₅ = 1·2 t P₂O₅

was also rund eine Menge von 7·3 t P₂O₅ ergibt.

Eine noch hochwertigere Phosphatlagerstätte birgt die

Bärenhöhle bei Hieflau. Sie liegt im Hartlesgraben in Seehöhe 1116 m; ihre Länge beträgt 450 m bei einer durchschnittlichen Breite von 10 m. Nachdem eine informative Befahrung 1919 durch die Höhlenbauleitung Gmunden Gehalte über 16 % P₂O₅ (vom Trockenem) in der „Ersten Halle“ bekannt gemacht hatte, wurde eine größere Verbreitung der Phosphaterden auch in den folgenden Hallen durch Befahrungen besonders durch S a a r 1922 nachgewiesen. Es liegt meist eine braune bis rotbraune erdige trockene Masse vor, zum Teil knochenführend (Höhlenbären); die Haltigkeit betrug sogar 17·12 % P₂O₅, erinnert also an die Phosphaterde in der Drachenhöhle. Die Halle III hatte ganz besonders hochwertiges Material, doch liegt auch sehr reiches in Halle I zwischen Versturzböcken vor. Die Knochenführung ist oft eine außerordentlich starke. Auch Höhlenbärenschiffe finden sich in den engeren Partien der Höhle wie in der Drachenhöhle, was auf eine oftmalige Besiedlung hindeutet. Die Verbindung der Halle II und III ist bis zur Decke mit Phosphaterde verstopft, auch zahlreiche Seitengänge sind mit Phosphaterde erfüllt, so daß beim Abbau neue Hoffungsgebiete erwartet werden können. Die Phosphatkrusten, welche hier wie in der Drachenhöhle zur Beobachtung gelangten, und den Felsboden überziehen, und in dieser Höhle besonders zur Entwicklung gelangten, haben sogar 26·34 % P₂O₅; nach S a a r handelt es sich hier um die mächtigsten Kollophanvorkommen überhaupt.

Auch die blatternarbige Ätzung der Wände durch Phosphaterde ist hier wie in der Drachenhöhle zu beobachten. Aufschließungen werden noch zwecks genauerer Kubatur vorgeschlagen. Durch Abbau zahlreicher verstopfter Seitengänge werden sicherlich neue bis jetzt unbekannte Räume mit Phosphaterden angefahren werden. Es kann daher die Menge nur vorläufig mit etwa 2000 m³ Phosphaterde geschätzt werden, was bei einem Durchschnittsgehalt von schätzungsweise 10 % rund 240 t P₂O₅ ergibt.

Sonstige Phosphathöhlen Steiermarks.

Im folgenden sollen noch zahlreiche der untersuchten Höhlen angeführt werden, welche nach den chemischen Analysen eine geringere Haltigkeit der Phosphaterden aufweisen, jedoch sind bei weiterer Erforschung größere Gehalte wie auch größere Kubaturen nicht ausgeschlossen. Wir gruppieren die Höhlen alphabetisch:

Kl. Badlhöhle bei Peggau.

Dachsmäuerhöhle bei Mariazell, von einer Probe 0'45% P₂O₅.

Dirnbachergang bei Peggau, zum Teil mit schwach phosphathaltigem Lehm erfüllt, 0'5% P₂O₅, 21 Waggons Material; schätzungsweise die Hälfte Erde 1/2—1 t P₂O₅.

Dreitorhöhle auf der Südseite des Rötelsteins bei Mixnitz, graue und braune erdige Massen, meist trocken (S a r), 0'67 bis 2'3% P₂O₅.

Ferdinandshöhle bei Peggau (Brunngrabenhöhle), bis 0'38% P₂O₅.

Frauenloch im Au graben bei Semriach.

Graßelhöhle bei Weiz.

Gumeliloch bei Gußwerk am Südwestabhänge des Tonion, Seehöhe 1200 m, Phosphaterde bis 0'52%.

Haidengrotte am Zigöllerkogel bei Voitsberg.

Hohlensteinhöhle bei Mariazell, bis 0'82%.

Hönigsbergerhöhlen im Glowaggengraben bei Mürzzuschlag.

Josephinenhöhle bei Peggau 0'5%, 35 Waggons Material; schätzungsweise die Hälfte Erde bei 0'5% zirka 0'8 t P₂O₅.

Katerloch bei Weiz 0'36—0'98% P₂O₅, 1'72% N, 5—10 Waggons.

Klementgrotte bei Weiz 0'46%.

Leopoldinengrotte im Au graben bei Semriach.

Mathildengrotte im Rötelstein.¹⁶⁾ Sie liegt südlich von der Drachenhöhle am Südabhänge des Rötelsteins. Von S a r

¹⁶⁾ Speläologisches Jahrbuch 1923, S. 170, Wien.

mitgenommene Erden weisen bis 3'33% P_2O_5 auf, in den erdigen, krümeligen, rotbraunen Massen Knochen von *Ursus spelaeus*. Die Höhle ist von zahlreichen Fledermäusen bewohnt. Die Menge berechnet sich: 25 m^3 zu 3% P_2O_5 mindestens = 0'9 t P_2O_5 und 20 m^3 zu 2% = 0'5 t P_2O_5 , woraus sich eine Gesamtmenge von rund 1'4 t P_2O_5 errechnet. Es sind jedoch verschiedene Seitengänge mit erdigem Material erfüllt, deren Kubatur noch nicht angegeben werden kann.

Ochsenloch bei Köflach am Zigöllerkogel, Halbhöhle mit etwas Phosphaterde: 16'93% H_2O , 3'61% P_2O_5 . Tiefere Grabungen werden vorgeschlagen. Bei einer Menge von 150 m^3 Phosphaterde und einem durchschnittlichen Gehalt von 3% P_2O_5 rund 5 t P_2O_5 .

Odelsteinhöhle bei Johnsbach. Die von Saar mitgenommenen Proben ergaben 1—1'4% P_2O_5 . Bei einer Kubatur von 15 m^3 der mit Steinen durchsetzten Erde und schätzungsweise P_2O_5 -Gehalt von 1% P_2O_5 0'2 t P_2O_5 .

Ofenberghöhle bei St. Lorenzen 1'15% P_2O_5 .

Peggauer Nordhöhle an der Nordseite der Peggauerwand.

Puxerloch bei Murau 0'3—0'5% P_2O_5 .

Rablloch in der Weizklamm oberhalb Weiz.

Rettenegghöhle bei Steinhaus am Semmering. Viele Knochen, besonders von Höhlenbären.

Rötelwandhöhle in der Lachalpe (Schneealpe), viele Höhlenbärenknochen, Erde und Material einige hundert Waggons.¹⁷⁾

Schneiderluke bei Gratwein.

Schottloch am Kufstein, auf der Südseite des Dachsteins bei Schladming in 1900 m Seehöhe. Knochenfunde. Haltigkeit 1'02—1'78 % P_2O_5 . Im rückwärtigen innersten Teil brauner und roter erdiger Lehm mit zahlreichen Knochen von *Ursus spelaeus*. Kubatur nach Schädler 1919: 15 t bei Durchschnittsgehalt von 1'05% rund ... 0'2 t P_2O_5 .

Schraubloch bei St. Stefan am Gratkorn.

Steindlwirthhöhle auf der Südostseite des Rötelsteins. Phosphaterde 4 m^3 nach Saar 0'96% P_2O_5 .

Strauchhöhle bei Gratwein.

Weißbachhöhle (= Doppelporthöhle) bei St. Lorenzen, Spuren bis 5'36% P_2O_5 .

Wildemannloch östlich von Peggau.

b) Phosphathöhlen in Oberösterreich.

Von den Phosphathöhlen Oberösterreichs ist wegen des höheren Gehaltes an Phosphorsäure am wichtigsten die

¹⁷⁾ Angaben von M. Müllner; Analysen und Aufschließungen notwendig.

Lettenmayerhöhle bei Kremsmünster.¹⁸⁾ Sie liegt im Alpenvorland im diluvialen Deckenschotter. Seit Hochstetter aus ihr Knochenfunde bekannt gemacht hat, war der Eingang verstürzt; die Vermutung, in ihr Phosphaterden in größeren Mengen zu finden, veranlaßte das Staatsamt für Landwirtschaft 1919 den Eingang freizulegen. Tatsächlich wurden in dieser durch Auswitterung einer Sandschicht zwischen Konglomeratbänken gebildeten wenig hohen Schichthöhle mit einer Bodenfläche von 500 m² Phosphaterden von der immerhin ansehnlichen Kubatur von 500 m³ nachgewiesen.

Der größte Teil des Höhlenbodens ist, wie zunächst die Aufschlußarbeiten des Ministeriums ergaben, von grauem bis braunem und rotbraunem erdig-lehmigem streufähigem Material bedeckt, das Knochen führt und nur teilweise mit Schotter und Steinen vermengt ist. Die mittlere Mächtigkeit ist durchschnittlich 1'8 m. Die Schichtung erscheint durch einen Wechsel in der Färbung des Materials besonders deutlich hervorgehoben. Der Wassergehalt der Höhlenerfüllung wechselt stark mit den Niederschlägen; nach starkem Regen 30—34 % H₂O betragend, sinkt er in Trockenzeiten bis 25 %. Der P₂O₅-Gehalt ist erheblichen Schwankungen ausgesetzt. Mit Ausnahme von einigen wenig mächtigen Schichten, wo nur Spuren von P₂O₅ nachweisbar sind, schwankt der Gehalt zwischen 1'79—26'7 %. Im allgemeinen zeigte es sich, daß die tiefsten Schichten an P₂O₅ am reichsten sind, es nimmt aber der Phosphatgehalt nicht stetig nach der Tiefe hin zu (18'3, 20'5, 22'4, ja sogar 26'7 % auf Trockensubstanz bezogen), während in den oberen Lagen die Gehalte sehr gering sind. Als Durchschnittsbeträge wurden Haltigkeiten von etwa 7 % für eine Kubatur von 350 m³ = 420 t und etwa 3 % für eine Kubatur von 150 m³ = 180 t ermittelt; das ergibt 600 t Erde. Dazu kommt ein Hoffungsgebiet von weiteren 100—200 m³, die noch nicht aufgeschlossen sind (also mindestens 120 t). Rund 700.000 kg Erde liegen demnach in der Lettenmayerhöhle vor. Davon wurden etwa 200.000 kg Phosphaterde bisher abgebaut¹⁹⁾ mit einem durchschnittlichen Gehalt von 5 % . . . 10 t P₂O₅, weshalb ein Rest von rund 500.000 kg Erde übrig bleibt, mithin bei einem durchschnittlichen Gehalt von 5 % noch abzubauen 25 t P₂O₅.

¹⁸⁾ J. Schädler, Berichte der staatlichen Höhlenkommission 1920, I, S. 26 ff.

¹⁹⁾ G. Kyrle, Theoretische Speläologie, S. 180.

Wir bringen anschließend eine Zusammenstellung von
 Phosphathöhlen in Ober-Österreich.
 mit Phosphatgehalt von nur 0'5—2 ‰, alphabetisch geordnet,
 bemerken aber, daß die Auffindung höher haltender Lagen noch
 möglich ist.

Außersteinhöhle bei Ischl.

Backofen bei der Schönbergalm bei Obertraun im Dachstein.

Dachstein-Rieseneishöhle bei der Schönbergalm. Sie liegt in
 Seehöhe von 1453 m. Während sich in den eisfreien Gebieten
 dieser berühmten Eishöhle Lehmmassen, welche eine Kubatur
 von 1000—1500 m³ haben, nach den Untersuchungen
 Schadlers 1919 noch phosphatfrei erwiesen, gelang es
 Saar 1922, im sogenannten Bärenfriedhof (vergleiche
 die von der Bundeshöhlenkommission herausgegebene
 Karte von Saar) geringhaltende Phosphaterden nachzu-
 weisen (bis 1'82%); jedoch stammen die Knochen nicht von
 Höhlenbären, sondern von kleineren Tieren, deren Bestim-
 mung noch nicht möglich war. Höhlenbärenknochen und
 Zähne wurden dagegen im Lehm der sogenannten Tropf-
 steingallerie von Saar gefunden, die aber wahrscheinlich
 von der Höhe eingeschwemmt wurden, da nicht wahrschein-
 lich ist, daß die Höhle von Höhlenbären besiedelt ge-
 wesen ist. Aufschlußarbeiten können allerdings erst Klä-
 rung über dieses Problem bringen.

Eiskeller bei Obertraun.

Farnaualoch bei Ebensee.

Gamsfen unterhalb der Gschwandtalm bei Ischl, 0'79% P₂O₅.

Gartenloch bei Rußbach (St. Wolfgang), Seehöhe 1100 m, 0'31%
 P₂O₅.

Höhlentor im Hirzkar bei Obertraun.

Holz knechtloch bei Obertraun.

Jainzenhöhle bei Bad Ischl, 30 m³ Erde, 0'46—1'60% P₂O₅,
 durchschnittlich 1% P₂O₅ 0'4 t P₂O₅.

Kuhstallkirchenhöhle bei St. Wolfgang, bis 1'42%.

Mamuthhöhle im Dachstein (1350 m hoch). Große Mengen gelb-
 lichbraunen Lehms, welcher fast stets einige Zehntel P₂O₅
 enthält (bis 0'64%).

Höhle beim Forsthaus Steinbach bei Molln (1'99% P₂O₅).

Mörckhöhle bei Obertraun bei der Schönbergalm.

Mortonhöhle bei Obertraun, Spuren.

Nixloch bei Ebensee.

Panglmaierhöhle bei Steyregg bei Linz, mit Knochenfunden.

Rabenkeller bei Hallstatt.

(Kubaturen fehlen zumeist, ebenso Aufschlüsse.)

c) Phosphathöhlen in Niederösterreich.

Unter den zirka 500 seit den letzten 6 bis 8 Jahren befahrenen Höhlen Niederösterreichs, Forschungen, welche teils von Seite der Bundeshöhlenkommission, teils von Seite des niederösterreichischen Landesmuseums ausgeführt wurden,²⁰⁾ wurden wohl viele Höhlen bekannt, welche Gehalte bis 3% P_2O_5 aufweisen, hingegen sind Höhlen mit größerer Haltigkeit selten.

Die erste Stelle nimmt die

Merkensteinhöhle bei Baden ein. Sie ist von F. Mühlhofer als wichtige prähistorische Fundstätte aufgeschlossen und ausgeräumt worden. Die Analysen der Phosphaterden ergaben 3'64% bis 4'85% P_2O_5 -Haltigkeit. Die Kubatur des Feinerdematerials betrug etwa 15 Waggons mit nach Mühlhofer durchschnittlich 4'4% P_2O_5 -Haltigkeit, daher wurden bereits abgebaut 6'6 t P_2O_5 . Das Material wurde von der Kruppschen Gutsdirektion zur Meliorierung der Wiesen und des Tiergartens verwendet.

Die Haltigkeit der Phosphaterden überstieg 5% in der Schwarzgrabenhöhle in der Hohen Wand bei Mayersdorf, wo Mühlhofer Untersuchungen oblag. Die Phosphaterde hatte 0'89% bis 5'08% nach vorläufigen Bestimmungen. Es wurden bereits abgebaut 8 Waggons, also bei einem durchschnittlichen Gehalt von 3% P_2O_5 2'4 t P_2O_5 ; etwa 20 Waggons (mit sperrigem Material) noch vorhanden, demnach bei einem durchschnittlichen Gehalt von 3% 6 t P_2O_5 (maximal).

Das größte, bisher nicht ausgebeutete Quantum Höhlenerde in Niederösterreich hat nach den neuesten Forschungen von M. Müllner das

Nixloch bei Frankenfels. Dieser Fall lehrt am besten, wie durch die neuesten Höhlenbefahrungen immer wieder noch unbekannte Mengen aufgeschlossen werden können. Die Phosphaterde ist mit Höhlenbärenknochen gemengt und hat nach vorläufigen Analysen 1'75 bis 2'76% P_2O_5 . Von der 500 m langen, 8 m breiten und durchschnittlich 3 m tief mit Erde bedeckten Höhle wird eine Kubatur von 12.000 m³ Erde angegeben, beziehungsweise rund 1500 Waggons. Wenn davon nur die

²⁰⁾ Die Zahl der Höhlen Niederösterreichs wird sich bei der weiteren intensiven Erforschung wohl noch verdoppeln.

Hälfte als bauwürdig betrachtet wird — Aufschließungen sind erst notwendig—, also rund 800 Waggons, so bleibt noch immer bei durchschnittlich 2%iger Haltigkeit ein Quantum von rund 160 t P_2O_5 .

Es folgen alphabetisch geordnet

Phosphathöhlen Niederösterreichs, bis 3% P_2O_5 haltend.

Arensteinhöhle, Knochenmengen.

Bärenhöhle im Emmerberg bei Fischau, zirka 2 Waggons maximal, 0'57—1'66% P_2O_5 .

Bergmandlloch im Wittkogel bei Waidhofen an der Ybbs, 0'86%, wenige hundert Kilogramm Erde.

Breitensteinhöhle bei Kienberg, 1 Waggon, Spuren P_2O_5 .

Dachlucken bei Lunz mit Taubenguano, $\frac{1}{2}$ Waggon.

Eisensteingrotte bei Fischau, 5 Waggons, Spuren P_2O_5 .

Emmerbergerhöhle in der Hohen Wand, etwa 5 Waggons (mit Schutt).

Frauenhöhle im Wildahorn am Ötscher, zirka 30 Waggons, 0'64—0'79% P_2O_5 .

Fraisloch im Schloßberg bei Winzendorf, geringe Mengen, bis 0'23% P_2O_5 .

Fuchsloch am Klausberg bei Türnitz, Spuren P_2O_5 .

Geldloch am Ötscher bei Gaming. Im linken Gang beim ersten Windloch 1 m hohe Fledermausguanoablagerung, 1'24% P_2O_5 .

Göllerhöhle bei Kernhof im Traisental, Spuren P_2O_5 .

Gösinghöhlen bei Ternitz, 3 Waggons, 1'71% P_2O_5 .

Habererkogelhöhle am Schneeberg, Spuren.

Herdenghöhle bei Lunz, 1 Waggon, 1'23% P_2O_5 , N 1'47%.

Hoffmannshöhle in der Marleiten bei Fischau. Etwas Phosphat-erde, 1'5—1'65% P_2O_5 , höchstens 1 Waggon; bereits ausgeräumt.

Höllturmhöhle bei Wöllersdorf, Guano und Schutt, zirka 3 Waggons, 1'43—2'88% P_2O_5 , N 6'18%.

Kollerhöhle bei Gösing, mit etwas Guano von Fledermäusen, 5 Waggons, 0'51—0'83% P_2O_5 .

Klaffingbrunnen an der Pielach bei Loich, zirka 500 kg, 0'89% P_2O_5

Kuhschneeberg'schacht, sogenanntes Windloch, Spuren.

Kulmriegelhöhlen bei Edlitz, 50 Waggons, 2'75% P_2O_5 .

Langes Loch bei Flatz. Nach S a a r sind Boden und Wände der Höhle zum Teil bedeckt von schwarzbrauner krümeliger Erde, wahrscheinlich Guano. Im Endteil der Höhle lagert brauner, erdiger, plastischer, etwas phosphathaltiger Lehm auf rotbraunem, feuchtem, plastischem, der gleichfalls schwach phosphathaltig ist.

- Lindauerhöhle bei Waidhofen a. d. Ybbs, 0'5—1'34% P_2O_5 .
 Mariannenhöhle bei Laubenbachmühle, Höhlenbärenknochen, mit etwas Phosphaterde.
 Ötscher-Tropfsteinhöhle, Seehöhe 980 m, Phosphaterde mit Höhlenbärenknochen, 15 Waggons.
 Paulinenhöhle im Klausberg bei Türnitz, bis 1'76% P_2O_5 , nach M. Müllner 500 Waggons.
 Prolinghöhle bei Ybbsitz, $\frac{1}{2}$ Waggon, 0'99—1'19% P_2O_5 .
 Reichenwaldhöhle bei Waidhofen a. d. Ybbs, 15 Waggons, 0'29—1'34% P_2O_5 .
 Rodlerhöhle bei Waldegg, Fledermausguano, 20 Waggons.
 Rötelloch bei Flatz, 3 m³ roterdiges Material, nach Saar mit rezenten Nagerknochen, 0'89% P_2O_5 .
 Schwarze Lucke bei Flatz, 1 m³ Erde, 1'31% P_2O_5 .
 Stefaniehöhle bei Waidhofen a. d. Ybbs, reiner Fledermausguano, 30 Waggons, 1'11—1'39% P_2O_5 .
 Steinerner Stadl bei Fischau, bereits ausgeräumt, 3 Waggons mit durchschnittlich 2—3% P_2O_5 .
 Tablerloch bei Pernitz, 10 Waggons, bis 1'17% P_2O_5 .
 Tannhäusergrotte bei Ybbsitz, 1 Waggon, Spuren P_2O_5 .
 Taubenloch im Ötscher, im Vorraum mit Taubenguano, einige hundert Kilogramm, 1'85%.
 Türkenloch bei Wieselburg, geringe Mengen, Spuren.
 Vöslauerhöhle mit Höhlenbärenknochen, 5 Waggons.
 Waldeggerhöhle bei der Hohen Wand, 80 Waggons, über 1% P_2O_5 .
 Wandeckerhöhle am Otter bei Mödling, einige wenige hundert Kilogramm, 1'35% P_2O_5 .
 Wilhelmengrotte bei Lunz, 1 Waggon, 0'32% P_2O_5 .
 Windenerhöhle an der Straße von Winden am Neusiedlersee nach Bruck; die von O. Troll gezogene Probe 2'85% P_2O_5 .
 Etwa 8 Waggons mit durchschnittlich 1'5% P_2O_5 .
 Windloch in der Hohen Wand bei Stollhof, 0'43% P_2O_5 , geringe Mengen.
 Zwergenloch bei Rosenberg am Kamp, 1 Waggon, 1'42% P_2O_5 .

Nach den meist von M. Müllner gemachten Angaben über die Mengen der Erden in den weniger haltenden Höhlen ergibt sich das nicht so unbedeutende Quantum von rund 800 Waggons, was bei einem Durchschnittswert von nur 1% P_2O_5 für diese Gruppen von Höhlen mindestens 80 t P_2O_5 ergibt.

Es sei aber betont, daß die Befahrungen auch der Höhlen Niederösterreichs noch nicht abgeschlossen sind, und daher sowohl hinsichtlich der Mengen, wie hinsichtlich der Haltigkeit noch Überraschungen eintreten können.

d) Phosphathöhlen von Salzburg.

Das infolge seines großen Anteils an Kalkterrains an Höhlen so überaus reiche Land Salzburg — die in Vorbereitung befindliche Zusammenstellung der Höhlen des Landes von Ing. Czörnig, fußend auf den außerordentlich intensiven Forschungen des Vereins für Höhlenkunde in Salzburg, gibt allein rund 300 an — birgt mehrere Phosphathöhlen, soweit sich auf Grund der bisherigen Analysen schon jetzt sagen läßt.

Die haltendste Lagerstätte davon ist der

Bärenhorst am Untersberg. Die Höhle ist ein Teil eines weitverzweigten, heute trockengelegten Höhlensystems, in der oberen Rositte des Untersberges in Seehöhe 1550 m. Untersuchungen liegen von Schadler, Czörnig und Hell vor. Die Mächtigkeit der krümelig erdigen Ablagerung im sogenannten „Kaiser-Karl-Thronsaal“ beläuft sich auf mindestens 7 m. Schichtung ist vorhanden, indem erdiges Material mit feinen Schuttlagen wechselt. Die gezogenen Proben weisen Gehalte sogar stellenweise von 8 bis 10'26 % P_2O_5 auf. Die Gesamtmenge wurde mit zirka 3000 m³ bestimmt, wovon zwei Drittel wegen Sperrigkeit wegfallen, so daß rund 1000 m³ Erdedquantum vorliegt, welches bei schätzungsweise 6 % mittlerer Haltigkeit 72 t P_2O_5 ausmacht.

Mit dem Bärenhorst in Verbindung sind die

Gamslöcher am Untersberg. Auf Grund der Befahrungen von Hell sind hier krümelige Phosphaterden mit einem Gehalt von 2'36 bis 2'68 % P_2O_5 und einer Kubatur von schätzungsweise vorläufig 300 m³ vorhanden, demnach bei Annahme eines durchschnittlichen Gehaltes von 2 % P_2O_5 7 t P_2O_5 .

Doppelschachthöhle im Großen Brunntal am Untersberg. Auf Grund der Befahrung von Czörnig erwiesen sich die Gänge und der 52 m tiefe Schacht lehmerfüllt; eine Probe hatte eine Haltigkeit von 3'22 %. In den gewaltigen Hohlräumen des Untersberges sind jedenfalls noch größere phosphathaltige Massen vorhanden, welche heute noch vielfach nicht erforscht sind.

Es folgen nunmehr

Sonstige Phosphathöhlen von Salzburg, mit
Haltigkeit bis 3 % P_2O_5 .

Arzgrube im Taugltal bei Hallein, 1'1 % P_2O_5 .

- Bolusloch am Untersberg, 0'64—1'20%.
- Bruneckerhöhle im Paß Lueg, 0'64—2'54%.
- Brunnloch im Hagengebirge bei Werfen, 0'18—0'59%.
- Eishöhle ober dem Trisselkopf im Tennengebirge, 1650 m Seehöhe, Spuren P_2O_5 .
- Eisloch bei Sulzau-Werfen, 0'78%.
- Eisriesenwelt im Tennengebirge, 0'57—1'15%.
- Emmagrotte im Niglkar bei Hallein, Spuren.
- Frauengrube bei Pankraz, 0'6%.
- Frauenloch bei Dürnberg bei Hallein, Spuren bis 1'38%.
- Gemeindeberghöhle am Untersberg (Schacht) 1'58%.
- Glaneggerhöhle (Schießstand), Spuren.
- Guggenloch bei Hallein-Waidach, 600 m³, 1'4%, bei mittlerer Haltigkeit von 1% 7'2 t P_2O_5 .
- Hausenloch im Tauglgebiet bei Hallein, Spuren.
- Heidenlöcher bei Klammstein bei Hofgastein, geringe Mengen, Spuren.
- Hennerloch bei Hallein, geringe Mengen, Spuren.
- Hochkogelhöhle im Tennengebirge bei Hallein, Spuren.
- Hundsgföllloch im Tauglgebiet, 0'43%.
- Kolowrathöhle im Untersberg, 1320 m Seehöhe, Spuren, wenn nicht noch tiefere Lagen bei Grabungen haltiger nachgewiesen werden.
- Kroatenhöhle im Paß Lueg, Hagengebirge, Spuren bis 1'29%, häufig über 1%.
- Paß Lueg, Halbhöhle, 0'54%.
- Nixloch am Schober bei Fuschl, Spuren.
- Raingraben, Halbhöhle, Spuren bis 1'35%.
- Raingraben, kleine Höhle, 0'82%.
- Reichensteiner Höhle, Spuren.
- Scheuckofen bei Sulzau, 0'72%.
- Seeofen am Hochpfeiler bei Werfen, 1800 m Seehöhe, Spuren.
- Trisselgrabenhöhle im Tennengebirge, 1300 m Seehöhe, Spuren.
- Wildemannloch am Rabenstein bei Golling, sehr geringe Mengen, Spuren bis 1'45%.
- Zwölferloch am Federbettkopf im Tennengebirge, Spuren.

Von besonderem Interesse ist, daß in der

Eisriesenwelt im Tennengebirge, Seehöhe 1641 m, der größten Eishöhle Europas, Lehmproben vom Gang von Jötunheim zum Helladom Gehalte von 0'6 bis 0'9% P_2O_5 , vom Nebelwadegang, beim Krapfenlabyrinth 1'15% P_2O_5 aufwiesen.

e) Phosphathöhlen in Tirol und Vorarlberg.

Von den Höhlen von Tirol und Vorarlberg sind vorläufig Phosphathöhlen mit größerer Haltigkeit nicht bekannt.

Haltigkeiten von über 5 % P_2O_5 werden nur erwähnt von der

Tischoferhöhle bei Kufstein. Die Höhle war schon früher durch ihre Knochenfunde bekannt und wurde von Professor Schlosser in München zum großen Teil aufgeschlossen und teilweise ausgebeutet. (Vgl. die wichtige Arbeit von M. Schlosser, F. Birkner und H. Obermaier, Abh. d. bayer. Akad. d. Wiss. 1910, S. 385 ff.) Die 1920 ausgeführten Aufschlußarbeiten der österreichischen Höhlenkommission bezweckten es, über den Phosphatgehalt und die Kubatur des Restes Aufklärung zu erhalten.²¹⁾ Das noch vorhandene Material erwies sich als trockene Phosphaterde mit einigen Schwemmlagen von Schutt; die Mächtigkeit beträgt bis 17 m. Der durchschnittliche Wassergehalt wurde mit etwas unter 10 % H_2O ermittelt. Den höchsten Phosphatgehalt hat eine wenig mächtige Knochenschicht, 5'13 % P_2O_5 . Unter der Phosphaterdeschicht liegt stellenweise Sinter mit eingebackenen Höhlenbärenknochen. Ein generelles Profil zeigt unter einer graulehmigen Schicht mit Steinchen und zahlreichen Knochen von *Ursus spelaeus* hellgelben feinkörnigen Sand und darunter hellbraune Erde mit braunroten Zwischenlagen mit verwitterten Knochen. Die Kubatur des Restes berechnet sich auf etwa 110 m³, das ergibt bei einem Durchschnittsgehalt von nur 2 % P_2O_5 2'4 t P_2O_5 .

Die der Tischoferhöhle benachbarte

Hyänenhöhle wurde 1920 gleichfalls durch Grabungen aufgeschlossen. Sie bot geologisch ein ähnliches Profil wie die Tischoferhöhle und ist gleichfalls durch viele Höhlenbärenknochen ausgezeichnet.

Anschließend

Phosphathöhlen in Tirol und Vorarlberg mit bis höchstens 3 % P_2O_5 -Gehalt.²²⁾

Bergkopfhöhle am Rofan bei Brixlegg, Spuren P_2O_5 .

Brückenhöhle bei der Hohlensteinalm bei Unterlangkampfen, am Boden eines 7 m tiefen Schachtes geringe Mengen, 0'57 % P_2O_5 .

Chiemseelueg bei Kössen, Spuren.

²¹⁾ Berichte der staatlichen Höhlenkommission 1920, S. 74 ff.

²²⁾ Vergleiche besonders M. Bizzarro, Berichte der staatlichen Höhlenkommission 1920, S. 63 ff.

- Dialerhöhle bei Fieberbrunn, geringe Mengen, 0'57% P_2O_5 .
 Drachengufel auf dem Lehnberg bei Schwaz, Bergmilch und Höhlenlehm, bis 0'66% P_2O_5 .
 Dürrensteinwaldhöhle am Dürrenberg bei Mellau (Vorarlberg), Spur bis 1'15%.
 Fuchsloch in der Thaurerschluft bei Hall, mit etwas Fledermausguano 2'49%.
 Hackenköpfenhöhlen bei Kufstein, Spuren.
 Kl.-Hennenloch bei Fieberbrunn, 2 m³, 0'83%.
 Hennenloch bei der Höhlensteinalm bei Unterlangkampfen auf Grund der Aufschlußgräben bis 1'5 m Tiefe, 1'56—2'61%.
 Hochunnützhöhle bei Achenkirch, Spuren.
 Hundsbichlerhöhle bei Waidring, Spuren bis 1'91%.
 Hundsofen bei Waidring, geringe Mengen, 1'91%.
 Loderhöhle bei Fieberbrunn, geringe Mengen, 1'09%.
 Nachtfalterhöhle bei Erpfendorf, geringe Mengen, Spuren.
 Nixloch unter dem Pendlingkopf bei Kufstein, Bergmilch, mit Spuren.
 Nixloch bei der Hohlensteinalm bei Unterlangkampfen, mehrere Meter mächtiger Lehm, Spuren.
 Nixloch bei der Hundsalm bei Mariastein, Bergmilch, mit Spuren.
 Rainerhöhle am Kalvarienberg bei Kössen, unter Schutt schwarze, trockene Erde, 1'4%.
 Reckenloch am Unterberg bei Erpfendorf, Spuren, aber größere Mengen. Hier sind erst größere Grabungen notwendig, um die Kubatur zu bestimmen. Die Bodenfläche beträgt etwa 30 m². Ob die Haltigkeit eine größere ist, ist erst festzustellen.
 Schafgufel bei der Hundsalm (Pendlingstock), mit sandiger Erde und Schafguano, Spuren.
 Tischlerlueg bei Häring, 0'57%.
 Totenkirchlöhle bei Kufstein, Spuren.
 Vogelloch am Westabhange des Marchander in den Leoganger Steinbergen bei Fieberbrunn mit Vogelguano, 2—3 m mächtig, 0'57—1'17%.
 Wellensteinerhöhle bei Lochau, Vorarlberg, Spuren.
 Wespennesthöhle (Hackenköpfe) bei Kufstein, Spuren.
 Wildseeloderhöhle bei Fieberbrunn, 1'09%.
 Wirtshofhöhle bei Erpfendorf, Halbhöhle mit etwas Guano.
 Ziegenloch, südlich von der Hundsalm bei Mariastein, Spuren.

Knochenfunde sind bekannt aus folgenden Höhlen:

- Bacherkogelhöhle bei Kitzbühel.
 Brückenhöhle bei Unterlangkampfen.
 Dialerhöhle bei Fieberbrunn.
 Raubtierlabyrinth bei Erpfendorf.
 Reckenloch bei Erpfendorf.

Wenn auch die obigen Höhlen meist sowohl hinsichtlich der Mengen wie der Gehalte an P_2O_5 nur nebensächliche Bedeutung haben, könnten durch die Inangriffnahme weiterer Aufschließungen in einigen von ihnen wie auch durch neue Forschungen in Höhlen gewiß noch erhebliche Mengen P_2O_5 beige stellt werden.

f) Phosphathöhlen in Kärnten.

Von den österreichischen Ländern ist Kärnten, abgesehen vom Burgenland, wegen des Zurücktretens des Kalkterrains verhältnismäßig höhlenarm. Nach den vorläufigen Untersuchungen sind von hier in den meisten Höhlen Haltigkeiten nur bis 3% P_2O_5 bekannt.

Eggerloch bei Villach, mit etwas Fledermausguano, Spuren bis 0'89 und stellenweise bis 2'68%. Die Menge von Guano mit zirka 1 Waggon = 0'2 t P_2O_5 geschätzt.

Graschlitzenhöhle bei Villach, 1'31%.

Heidenloch bei Villach, 8—10 Waggon, 0'38—0'64%.

Lamprechtskogelhöhle bei Völkermarkt mit Exkrementen von Dachs, 2—3 Waggon, 0'82—1'24% P_2O_5 , N 0'52%.

Langenloch bei Villach, 0'13%.

Mölltschacherschacht bei Villach, 84 m tief, Spuren.

Tiefer Schacht auf der Villacheralpe, 3—4 m³, Spuren.

Tschelltschnigghöhle, Spuren.

Tschernerwandhöhle mit Gemsen- und Fledermausguano, 1 bis 2 Waggon, 0'75—1'44% P_2O_5 , N 3%.

Warmbad-Villacherhöhlen, Spuren.

Man kann also in Kärnten vorläufig nur mit einem Hoffnungswert von im ganzen zirka 150 t Phosphaterde, also unter Annahme einer Haltigkeit von bloß 1% P_2O_5 rund etwa 1'5 t P_2O_5 rechnen. Systematische Aufschließungen werden aber diese Ziffern wesentlich erhöhen.

B. Allgemeine Bemerkungen über Höhlenphosphate hinsichtlich der Geologie der Lagerstätte.

Die Phosphaterden und Phosphatlehme sind Calciumphosphat, an Calcium gebunden. Es handelt sich sowohl um Calcium-Mono-, wie Bi-, wie Triphosphat. Das Biphoosphat überwiegt. In der Drachenhöhle z. B. besteht die Phosphaterde aus etwa 70% Phosphat. Der Rest entfällt auf Calciumkarbonat, Silikate, Eisenhydroxyd; gering sind die Mengen von Kali und Stickstoff.

Nach den Untersuchungen von D a f e r t, H ö f i n g e r und E n t r e s macht in den oberen Partien der Phosphaterde das zitronensäuerlösliche Biphosphat 80—90% der Gesamt-P₂O₅ aus; wogegen das zitratlösliche Triphosphat meist in den tieferen Partien zur Entwicklung gelangt.

Der Entstehung nach liegen folgende Typen vor, die durch Übergänge miteinander verbunden sind:²³⁾

1. G u a n o, aus Exkrementen von Fledermäusen, Höhlenbären, Höhlenvögeln, wohl auch aus Zersetzung von Weichteilen von Tieren entstanden, mulmig-flockig. O. A b e l glaubt bei den Phosphaterden in der Drachenhöhle an eine wesentliche Beteiligung von Guano fossiler Fledermäuse und bezeichnet diese Ablagerung als Chiropterit.²⁴⁾

2. K n o c h e n e r d e n und Knochenanhäufungen, aus der Zertrümmerung und Zerfall von Knochen hervorgegangen, mit großen Knochenresten gemengt. Insbesondere handelt es sich um Knochen von *Ursus spelaeus*.²⁵⁾ Dazu kommen Knochen von Tieren, welche als Beute in die Höhle verschleppt wurden.

3. P h o s p h a t e r d e n, locker, lehmig, selten tonig, sind lehmige Erden, welche von Phosphatlösungen infiltriert wurden. Letztere sind durch Exkremente, Kadaver und Knochen erzeugt; solche Ablagerungen weisen einen Übergang zum Guano, bzw. Chiropterit auf.

Die organische Entstehung bezeugt auch der mehr oder minder große Stickstoffgehalt, der bis 5% betragen kann.

Häufig sind diese drei Typen infolge Zusammenschwemmung durch Höhlengewässer²⁶⁾ miteinander gemengt. Selbstverständlich sind dies nicht die Gewässer aus der Zeit der Akti-

²³⁾ Vgl. auch G. Göttinger, Die Phosphathöhle von Csoklovina in Siebenbürgen, Mitteilungen der Geogr. Gesellschaft 1919, Wien.

²⁴⁾ Es gelang auch O. Wettstein in der Drachenhöhle drei neue Fledermausarten aufzufinden, welche den Übergang von den rezenten zu den jungtertiären Formen bilden. Speläologisches Jahrbuch 1923, IV., S. 150 ff., Wien.

²⁵⁾ Auf die außerordentlich wichtigen Ergebnisse der paläontologischen und paläobiologischen Durchforschung der Tierreste in der Drachenhöhle durch Prof. O. A b e l und seine Mitarbeiter kann hier nicht eingegangen werden. Eine Monographie über die Drachenhöhle in 3 Bänden erscheint 1927.

²⁶⁾ Solche Zusammenschwemmungen erfolgten, wie in der Drachenhöhle sich herausstellte, noch nach der älteren Steinzeit, indem eine aus der älteren Steinzeit stammende Kulturschichte noch von 80 cm mächtiger Phosphaterdeschichte überlagert ist (Kyrle).

vität der Höhlen, sondern Wasser von späteren gelegentlich stärkeren Durchsickerungen. Bei solchen durch Zusammenschwemmung entstandenen Lagerstätten ist die Verteilung der Phosphorsäure in der Vertikalen eine unregelmäßige (z. B. Badlhöhle); doch kommen auch Fälle vor, wo die Anreicherung von P_2O_5 eine regelmäßige ist, wie die Vertikalprofile in der Drachenhöhle mit rund 13'5% P_2O_5 lehren. Solche Lagerstätten sind natürlich für den Abbau außerordentlich günstig, weil sie ein gleichwertiges Material auf den Markt werfen können.

Zum erstenmal wurden in den österreichischen Höhlen genauer die Wechselwirkungen von Phosphatlösung und Kalkstein studiert. Wie J. Schädler²⁷⁾ zeigte, sind Kalkstücke, welche in der Phosphaterde eingeschlossen sind, phosphatisiert. Die Kalkstücke in den höheren Lagen sind von einer Kruste gelblichen bis braunen kolloidalen Phosphates überzogen, während die Kalkstücke in den tieferen Lagen schon ganz zu einer weißlich-erdigen Masse zersetzt sind.

Auch die Wände der Höhlen zeigen solche Phosphatkrusten, wie nach Abdeckung der Phosphatablagerung besonders deutlich in der Drachenhöhle zu beobachten war. Die zirkulierenden kohlen säureführenden Wässer lösen die Phosphate und setzen sie in den Krusten wieder ab. Unterhalb der Phosphatkrusten erscheint aber der Kalk karrenartig angeätzt und zerfressen. Solche Phosphatkrusten oder phosphatisierte Kalkstücke bilden ein wichtiges Indizium für den früheren Phosphatgehalt der Erden der Höhlen.

Die mineralogische Untersuchung der Phosphatkrusten in der Drachenhöhle führte zur Feststellung der Phosphatminerale: des weißlichgelben Brushit ($CaHPO_4 + 2H_2O$) und des rotbraunen Kollophan [$Ca_3(PO_4)_2 + 2'5H_2O$] = kolloidales wasserhaltiges Calciumtriphosphat durch Josef Schädler,²⁸⁾ wobei der Kollophan dem Kalk direkt aufsitzt, während der Brushit sich auf dem Kollophan abgesetzt hat.

C. Bemerkungen hinsichtlich der praktischen Verwendung und Düngeversuche.

Es war ein besonderes Bestreben des österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, das in den

²⁷⁾ Berichte der Bundeshöhlenkommission 1922, III, S. 35 ff.

²⁸⁾ Speläologisches Jahrbuch 1924, V, S. 11.

Höhlen zum Abbau gelangende Phosphatdüngermaterial rasch und billig der Landwirtschaft zugute kommen zu lassen. Das Material erwies sich meist als maschinestreifbar und war in einigen Höhlen ganz oder ziemlich trocken, so daß sich Trocknungsanlagen erübrigten. In anderen Höhlen oder in gewissen Abschnitten war es hingegen grubenfeucht, doch wurden wegen Ersparung der Betriebskosten Trocknungen nur in oder vor der Höhle vorgenommen. Die Phosphaterde ist im Winter im allgemeinen trockener als im Sommer, es wechselt die Durchfeuchtung stark nach den meteorologischen Verhältnissen; nach längeren Niederschlagszeiten, insbesondere in Tropf- oder Sickerzonen, wurde sie viel grubenfeuchter.

Von großer Wichtigkeit war es natürlich, daß fortlaufende Analysen während des Abbaues angestellt wurden, so daß man zu jeder Zeit und an jedem Orte über die Haltigkeit an P_2O_5 sich informierte. Das im Material befindliche sperrige Steinwerk und die größeren Knochen wurden durch Siebe, beziehungsweise Wurfgritter separiert. Die Knochen aus der Phosphaterde in der Drachenhöhle z. B. wurden hierauf von den Mitarbeitern von Prof. Abel systematisch durchgesehen und wissenschaftlich verarbeitet; das wertlose Material konnte zur Superphosphaterzeugung verwendet werden.

Hinsichtlich der praktischen Verwendbarkeit sei besonders hervorgehoben, daß das Calciumphosphat der Höhlenerde sich als Biphosphat zu 80% zitronensäurelöslich erwies. Eine Aufschließung entfiel und es konnte das Material direkt für die Düngung Verwendung finden. Die Löslichkeit des Phosphates ist eine ganz ähnliche wie die des heute erzeugten Knochenmehles oder Thomasmehles. Der Kalkgehalt des Höhlendüngers ist höher als der des Knochenmehles und nähert sich jenem des Thomasmehles.

Es war von großer Bedeutung, daß der Höhlendünger als P_2O_5 -Dünger wesentlich billiger kam als andere P_2O_5 -haltige Düngemittel, und groß war der volkswirtschaftliche Erfolg, daß der Höhlendünger in der Nachkriegszeit aus dem eigenen Lande geliefert werden konnte, weil dadurch die ausländischen Düngemittel wenigstens teilweise entbehrlicher wurden, deren Bezug besonders valutarische Gründe erschwerten.

Nur einige Ergebnisse von Düngeversuchen mit den Höhlenphosphaten seien hier angeführt, welche durch das Bun-

desministerium für Land- und Forstwirtschaft insbesondere von O. Reitmaier ausgeführt wurden.²⁹⁾

Die mit Höhlenphosphat vor dem Anbau von Wintergetreide gedüngten Felder zeigten die gleiche Halm- und Ährenentwicklung wie die nebenan mit entleimtem Knochenmehl gedüngten Felder, wobei bemerkt sei, daß auf jeder Parzelle die gleiche Menge P_2O_5 zur Anwendung kam. Bei Verwendung von 60 kg P_2O_5 pro Hektar steigerte sich der Ertrag beim Roggen um 730 kg Körner und 1160 kg Stroh, beim Weizen um rund 200 kg Körner und 750 kg Stroh.

Anderweitige Düngeversuche, deren Sammlung die landwirtschaftlich-chemische Versuchsanstalt besorgte, stellten die gute Wirkung und Verwendbarkeit des Höhlenphosphatdüngers ins rechte Licht. So erzielte z. B. der Landeskulturrat in Kärnten gute Wirkungen bei Wiesendüngung, welche zuweilen die des Knochenmehles übertrafen. Die P_2O_5 -Wirkung wurde durch gleichzeitige Stickstoffdüngung erst zur vollen Entwicklung gebracht. Ein Gutachten der Kärntner Landesversuchsanstalt bezeichnete den Höhlendünger als Wiesendünger besonders rentabel auf Grund systematischer Wiesendüngeversuche. Auf den betreffenden Versuchswiesen wurde jeweils die gleiche Menge P_2O_5 , aber in den verschiedenen Formen: Thomasmehl, Knochenmehl, Höhlendünger in Anwendung gebracht. Die Höhlendüngerwirkungen waren im Durchschnitt ganz ähnlich denen des Thomas- oder Knochenmehles. In Oberösterreich hat man mit dem Höhlendünger bei Weizen und Hafer dieselben Erfolge wie mit Superphosphat erzielt, was auch Versuche auf Klee ergaben. In Tirol wurde der Höhlendünger mit besonderem Erfolg besonders auf Wiesen verwendet.

D. Zusammenfassung der Vorräte an Höhlenphosphaten in Österreich.³⁰⁾

In der folgenden Zusammenfassung unterscheiden wir in der ersten Kolonne die bereits abgebauten Phosphate von den noch vorhandenen in der zweiten Kolonne und geben die Vorräte in Tonnen P_2O_5 an. Die Zahlen ergeben sich auf

²⁹⁾ Ergebnisse von Höhlendüngerversuchen. Berichte der staatlichen Höhlenkommission, 1921, II, S. 47 ff.

³⁰⁾ Die Mengenbestimmung der Phosphorite von Vorarlberg wurde wegen des Mangels an Schürfungen noch nicht durchgeführt.

Grund der vorläufig ermittelten Kubaturen unter Zugrundelegung des mittleren P_2O_5 -Gehaltes auf Grund der bisherigen Analysen.

Es ist selbstverständlich, daß die weiteren Befahrungen der vielfach erst kürzlich entdeckten Höhlen noch anscheinlichere Kubaturen dazu schaffen können, wie auch erst durch die Verdichtung der Probeentnahmepunkte für die Analysierung und insbesondere durch Ziehen von Aufschlußgräben, welche über die Tiefe und Haltigkeit der Lagerstätte, Sperrigkeit des Materials Aufklärung bringen, die Werte der mittleren Haltigkeit noch eine Änderung erfahren können. Die Schätzungen der Haltigkeit wurden ganz besonders sehr vorsichtig gemacht, und es ist klar, daß höhere Haltigkeiten eine wesentliche Erhöhung des Tonnengehaltes mit sich bringen werden.

Die Übersicht gibt also sozusagen nur den augenblicklichen Stand an und dürfte schon nach einem Jahre intensivierter Höhlenphosphatforschung eine Korrektur erhalten. Dazu kommt, daß von vielen Höhlen bisher überhaupt noch keine Kubaturen angegeben werden konnten und daß die in Österreich so rege und eifrige Höhlenforschung fortlaufend über neue, bisher unbekannte Höhlenräume zu berichten weiß.

Ferner werden durch Abbau in den Höhlen verschiedene bisher unbekannte, verstopfte Gänge und Räume zugänglich gemacht werden und dadurch neue Mengen gewonnen werden.

a) Steiermark:	Tonnen P_2O_5	
	abgebaut	vorhanden
Drachenhöhle	2500	
Große Peggauerhöhle .	36	30
Glaserlucke	—	10
Badlhöhle .	28	30
Kapellenhöhle	—	1·3
Repolusthöhle	—	10
Arzberghöhle	—	7·3
Bärenhöhle bei Hieflau .	—	240
Sonstige Höhlen, wo Kubatur und Analysen vorhanden:		
Dirnbachergang	—	1 (maximal)
Josephinengrotte bei Peggau	—	0·8
Mathildengrotte .	—	1·4
Summe	2564	331·8

	Tonnen P_2O_5	
	abgebaut	vorhanden
Übertrag . . .	2564	331·8
Ochsenloch bei Köflach	—	5
Odelsteinhöhle bei Johnsbach	—	0·2
Schottloch	—	0·2
Andere Höhlen:		
Kubatur einige 100 Waggons, Analysen noch ausständig, Aufschließungen notwendig	—	?
Kubaturen von anderen Höhlen noch ausständig, Analysen ausständig, Aufschließungen notwendig . . .	—	?
b) Oberösterreich:		
Lettenmayerhöhle	10	25
Sonstige Höhlen, wo Kubatur und Analysen vorhanden:		
Jainzenhöhle bei Ischl	—	0·4
Sonstige Höhlen; Kubaturen, Auf- schlüsse, Analysen noch ausständig	—	?
c) Niederösterreich:		
Merkensteinerhöhle	6·6	—
Schwarzgrabenhöhle	2·4	6 (maximal)
Nixloch bei Frankenfels	—	160 (Hoffnungswert noch zu kontroll. d. Aufschlüsse)
Sonstige Höhlen, Kubatur und Ge- halte vorläufig bekannt, durch wei- tere Aufschließungen Änderungen des t-Gehaltes wahrscheinlich . .	—	60 (dto.)
Sonstige Höhlen, deren Kubaturen noch ausständig sind, Aufschließungen notwendig	—	?
d) Salzburg:		
Bärenhorst im Untersberg	—	72
Gamslöcher im Untersberg	—	7
Hoffnungsmengen im Untersberg . . .	—	?
Guggenloch	—	7·2
Sonstige Höhlen, Kubaturen vorläufig nicht angegeben, weitere Auf- schließungen noch erwünscht . .	—	?
Summe . . .	2583	674·8

	Tonnen P_2O_5	
	abgebaut	vorhanden
Übertrag . . .	2583	674·8
e) Tirol und Vorarlberg:		
Tischoferhöhle		2·4
Reckenloch, Grabungen, bezw. Aufschlie-ßungen notwendig, weitere Haltigkeitsermittlung erwünscht .	—	?
Sonstige Höhlen, Kubaturen meist unbekannt, Aufschlie-ßungen notwendig.	—	?
f) Kärnten:		
Nach dem bisherigen vorläufigen Befund; Haltigkeitsermittlung zum Teil noch erwünscht	—	1·5
Weitere Höhlen, Aufschlie-ßungen und Forschungen erwünscht	—	?
Gesamtsumme . . .	<u>2583</u>	<u>678·7</u>
	rund . . .	700 t ³¹⁾

Dazu kommt noch ein Hoffungsgebiet von einigen 100 t. Es sei besonders betont, daß der obige Wert nur durch eine sehr vorsichtige Ermittlung der mittleren Haltigkeit gewonnen worden ist. Ein Schätzungswert von rund 1000 t P_2O_5 dürfte daher dem gegenwärtigen Tatsachenbefund am nächsten kommen.

Wenn auch die in Österreich vorhandene Menge an P_2O_5 natürlich den Bedarf nicht decken kann, so bleibt der Abbau der heimischen Phosphate besonders bei lokaler Verwendung immer von großem volkswirtschaftlichen Wert für das eigene Land.

Wie schon oben ausgeführt, verspricht die Fortsetzung der seit dem letzten Jahrzehnt in Österreich so sehr gepflegten Höhlenforschung und Höhlenaufschlie-ßung bei der Häufigkeit der Phosphathöhlen noch wesentliche Erhöhungen der Tonnenmenge an P_2O_5 in Österreich, und es ist zu erhoffen, daß die

³¹⁾ Dieser Betrag ist zufälligerweise geradezu identisch mit dem Schätzungswert von G. Kyrle (670 t P_2O_5 ; Theoretische Speläologie, S. 180): Schätzung der gesamten Menge der vorhandenen Phosphorsäure ohne Drachenhöhle auf 6700 t Phosphaterde, wobei eine durchschnittliche Haltigkeit von 10% angenommen wurde. Kyrle waren aber damals besonders die reichereren Vorräte der niederösterreichischen Höhlen noch nicht bekannt.

Österreichische Höhlenkommission, deren Umbildung und Reorganisation in Aussicht genommen ist, sich unter der Ägide des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft diesen Aufgaben ebenso erfolgreich wie früher widmen können.

Neuere Literatur über Höhlenphosphate.

- Berichte der staatlichen Höhlenkommission, Vierteljahrshefte für theoretische und praktische Höhlenkunde, als Fortsetzung: Speläologisches Jahrbuch, I., 1920; II., 1921; III., 1922; IV., 1923, V., VI. 1924/25. Herausgegeben von der Bundeshöhlenkommission.
- Diverse Berichte über die Abgrabungen in der Drachenhöhle im Akademischen Anzeiger der Akademie der Wissenschaften, ab 1921. (Eine große Monographie über die Drachenhöhle erscheint 1927.)
1917. R. Willner Über die Auswertung von Karsthöhlen. Verlag des Ackerbauministeriums.
1917. R. Willner Kleine Höhlenkunde.
1919. R. Willner Höhlendünger. Wiener landwirtschaftliche Zeitung.
1919. G. Götzing er Die Phosphathöhle von Csoklovina. Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft und Oberhummer-Festschrift 1920.
1919. G. Kyrle Aufgaben der Höhlenkunde, ebenda.
1920. O. Reitmair Der Höhlendünger. Entstehung, Vorkommen und Verwendung. Deutsche Landheimat, Graz, Stocker.
1921. O. Reitmair Der Höhlendünger als Ersatzdüngemittel für Thomasmehl und andere Phosphate. Der Ökonom 1920 und 1921.
1922. G. Götzing er Entstehung und Ausfüllungsprodukte der Höhlen.
1922. R. Willner Höhlenwirtschaft. (Beide herausgegeben von der Bundeshöhlenkommission.)
1923. F. Frodl Die Höhlen des mährischen Karstes als Lagerstätten von Düngephosphaten, Brünn.
1923. G. Kyrle Grundriß der theoretischen Speläologie. Speläologische Monographien, herausgegeben von der Bundeshöhlenkommission.
1924. F. Birkner Höhlendünergewinnung. Blätter für Naturschutz und Naturpflege, VII., Heft 1.
1926. O. Dafert und K. Entres Weitere Beiträge zur Kenntnis des Höhlendüngers. Landwirtsch. Jahrb. 1926.
- Die Literatur über Phosphorite wurde auf Seite 127 angegeben.