

## Die Erforschungsgeschichte fossiler Pollen und Sporen in den ostalpinen Salzlagerstätten durch WILHELM KLAUS (1921–1987)

ILSE DRAXLER\*)

11 Abbildungen

*Geschichte der Erdwissenschaften  
Oberösterreich  
Perm  
Palynologie  
Pollen  
Sporen  
Salzlagerstätte  
Evaporite  
Altersbestimmung  
Schwefelisotope*

### Inhalt

Zusammenfassung .....	27
Abstract .....	27
1. Einleitung .....	28
2. Die Altersfrage der alpinen Salzlager .....	28
3. Die Entdeckung von Sporen im Salz und ihre Folgen .....	28
3.1. Alterseinstufung der Salzlagerstätten mit Sporen .....	32
3.2. Altersbestimmung der Evaporitgesteine durch Schwefelisotopen .....	35
Dank .....	36
Veröffentlichungen zur Salz-Palynologie von W. KLAUS .....	36
Unveröffentlichte palynologische Berichte an die Generaldirektion der Österreichischen Salinen im Archiv der Geologischen Bundesanstalt .....	37
Sonstige Literatur zum Thema .....	37

### Zusammenfassung

Die über mehr als drei Jahrzehnte währende Forschung der Salzpalynologie hat durch W. KLAUS auf dem Hallstätter Salzberg ihren Ausgang genommen. Er hat sich dieser speziellen Arbeitsrichtung dann an der Geologischen Bundesanstalt und an der Universität Wien im Rahmen seiner vielfältigen paläobotanischen Tätigkeiten bis zu seinem frühzeitigen Tod 1987 gewidmet. Durch gezielte Fragestellungen und eingehende palynologische Vergleichsstudien ist er zu einer Lösung der Frage des Alters und der stratigraphischen Gliederung der bis zur Entdeckung der Sporen als fossileren geltenden Gesteinskomplexe des Haselgebirges der alpinen Salzlagerstätten gekommen. Die gesicherte Kenntnis des geologischen Alters der salinaren Sedimentation in zwei Phasen, nämlich eine ältere im Oberperm und eine Phase im Skyth/Anis-Grenzniveau des stinkdolomitisches/anhydritischen Grausalzgebirges im Hallstätter Salzberg, beruht auf den palynologischen Untersuchungsergebnissen, die durch die Anwendung der Schwefelisotopen-Methode durch E. PAK und Ch. SPÖTL bestätigt wurden und eine genaue Altersangabe ermöglichten. Die jahrelangen Bemühungen um die Altersbestimmung der permischen und triadischen Salzgesteine durch W. KLAUS haben für den ganzen Wissenschaftszweig der Palynologie in den Methoden, der Systematik präquartärer Sporen und der Perm/Trias-Stratigraphie grundlegende Erkenntnisse gebracht.

### Abstract

The palynology of salt-bearing rocks during more than three decades by W. KLAUS started in the Hallstatt salt rocks. The thorough studies of the microflora of the east Alpine salt rocks occupied a first place in his work at the Geological Survey and later on at University as well until his early death 1987. KLAUS detected in dissolved rock salt from numerous samples of Alpine deposits well preserved plant spores of extinct plants like *Nuskoisporites*, *Gigantosporites*, *Lueckisporites*. By a specific way of questioning and comparative studies the Alpine salt sediments could be dated to the Upper Permian period and some Alpine deposits were dated to the Triassic period. Later on Sulfur-isotope studies by PAK and SPÖTL confirmed the Permian or Triassic age as KLAUS had postulated by spores. The systematic palynological investigation of the Alpine salt by KLAUS are of fundamental importance for the methods, the systematic of prequaternary spores and Permian/Triassic stratigraphy in general.

Vortrag beim 3. Symposium „Geschichte der Erdwissenschaften in Österreich“, 27.–29. September 2001, Hallstatt, Oberösterreich.

\*) HR Dr. ILSE DRAXLER, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A 1031 Wien.

## 1. Einleitung

Mit diesem Artikel soll ein wesentlicher Teil des bedeutenden wissenschaftlichen Lebenswerkes von Prof. KLAUS wieder in Erinnerung gerufen und gewürdigt werden, von dem die Präquartärpalynologie in Österreich vor etwas mehr als 50 Jahren ihren Ausgang genommen hat. KLAUS hat sich damit international den Ruf als Pionier der Perm/Triaspalynologie geschaffen.

Wilhelm KLAUS wurde am 5. April 1921 in Wien geboren, maturierte 1939 an der Realschule in Wiener Neustadt. Sein Vater – ein höherer Industriebeamter – hat schon früh das Interesse seines Sohnes am Kohlebergbau geweckt. KLAUS begann 1939 mit dem Studium der Erdwissenschaften, Biologie, Chemie und Physik an der philosophischen Fakultät der Universität Wien. Durch die Zeitumstände musste er 1940 das Studium unterbrechen, das er aber sofort nach Beendigung von Wehrdienst und Kriegsgefangenschaft 1946 fortsetzte.

Zu seinen Lehrern gehörten bekannte Professoren wie EXNER, KOBER, GEITLER, HÖFLER, HOFMANN, MAINX, JANCHEN und ZAPFE. 1950 legte er die Lehramtsprüfung für Naturgeschichte und Naturlehre (Physik und Chemie) ab und unterrichtete diese Fächer ein Schuljahr lang am Bundesgymnasium Wien VI. Das Hochschulstudium beendete er mit der Dissertation „Palynologische (pollenanalytische) Untersuchungen an der oberpannonen Braunkohle von Neufeld a.d. Leitha“ unter Prof. Dr. Elise HOFMANN am Paläontologischen Institut und wurde 1951 zum Dr. phil. mit Paläobotanik als Hauptfach und Geologie als Nebenfach promoviert.

In einem Artikel über die Entwicklung und Bedeutung der Präquartär-Palynologie (Pollen- und Sporenanalyse) in Österreich hat KLAUS bereits 1950 über die erfolgversprechenden Ergebnisse und vielfältigen stratigraphischen Anwendungsmöglichkeiten dieses damals noch jungen Wissenschaftszweiges in der Zeitschrift „Erdöl“ berichtet. Er hat darin auch auf die beabsichtigten palynologischen Untersuchungen der Gesteine der Salzlagerstätten hingewiesen.



Abb. 1.  
W. KLAUS zu Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn.

## 2. Die Altersfrage der alpinen Salzlager

Salz gehört auch heute noch zu den wirtschaftlich wichtigen, unentbehrlichen Rohstoffen und wurde in Hallstatt und Hallein bereits in prähistorischer Zeit bergmännisch abgebaut. Die Salzlagerstätten im Salzkammergut, wo auch heute noch in Hallstatt, Bad Ischl und Altaussee Salz gewonnen wird, und am Dürrnberg bei Hallein liegen im Mittelabschnitt der nördlichen Kalkalpen in der Hallstätter Zone, eingebettet in die fossilreichen Triasgesteine der Hallstätter Fazies.

Über das Alter der in ihrem geologischen Bau durch Salzdiapirismus und alpinktonische Beanspruchung so schwierig in einem Modell aufzulösenden Salzlagerstätten der Ostalpen gab es in der fast 200-jährigen Forschungsgeschichte verschiedene Meinungen, da tierische Fossilien vollständig fehlen. Die Frage nach der Zeit der Bildung der Salzlagerstätten war zwar für die Salzgewinnung nicht von zentraler Bedeutung, wurde aber immer wieder gestellt und konnte wegen des Fehlens von Fossilien nicht eindeutig beantwortet werden.

Einen Überblick über die aufgrund rein geologischer Überlegungen zustande gekommenen Altersauffassungen der Salzlagerstätten gibt O. SCHAUBERGER (1986).

Schon im 19. Jahrhundert wurde diese Frage von den ersten Alpengeologen behandelt. Leopold VON BUCH hat 1802 das Haselgebirge zwischen Zechstein und Werfener Sandstein eingestuft – um nur ein Beispiel zu nennen. Im Lehrbuch von W. und W.E. PETRASCHECK (1950) wurden die Salzlager in die skythische Stufe der alpinen Trias gestellt, während L. KOBER ein oberpermisches Alter annahm. E. SEIDL (1927) hat das Salz der Ostalpen mit dem Zechsteinsalz parallelisiert. Auch W. MEDWENITSCH hat zumindest die bituminösen schwarzen Salztone mit den gipsführenden Bellerophonschichten korreliert und A. TOLLMANN (1964) hat das Haselgebirge für eine tektonische Breccie ausschließlich oberpermischen Alters gehalten.

## 3. Die Entdeckung von Sporen im Salz und ihre Folgen

Bereits 1913 hat der Mineraloge Hugo LÜCK erstmals über Pflanzensporen in Salztönen des deutschen Zechstein-Salzgebirges aus dem Berlepsch-Bergwerk bei Stassfurt und anderen Lokalitäten berichtet. Erst fast 40 Jahre später wurden von W. PETRASCHECK im Lösungsrückstand des Altausseer Rotsalzgebirges erstmals Pollen entdeckt. In der Arbeit über Bitumen und Erdgas in den alpinen Salzlagerstätten berichtet W. PETRASCHECK (1947, S. 107) über diesen Zufallsfund:

*„Hierselbst fanden sich in der Tat Pollen, die meist etwas geschrumpft waren, darunter auch ein Pollen mit Luftsäcken.“*

Angeregt durch diese Entdeckung hat W. KLAUS erkannt, dass sich hier die Möglichkeit zur Klärung der Altersfrage der Salzlager bietet, und 1950 mit den systematischen „sporendiagnostischen“ (palynologischen) Untersuchungen des alpinen Salzgebirges begonnen. Erste noch nicht so erfolgreiche Laboratoriumsversuche hat er schon früher am Paläontologischen Institut der Universität Wien unter Prof. Elise HOFMANN durchgeführt. Ermunternde Unterstützung zu weiteren „sporendiagnostischen“ Salzuntersuchungen erhielt er von Doz. Dr. H. ZAPFE (Geol. Pal. Abteilung, Naturhistorisches Museum, Wien), der auch die Kontakte zu den Salinen knüpfte.

Damit war das neue Arbeitsgebiet der Mikropaläontologie mit der Anwendung auf Salinargesteine von Anfang an mit der Praxis im Bergbau verbunden. Die Generaldirektion der österreichischen Salinen, die Salinenverwaltung und

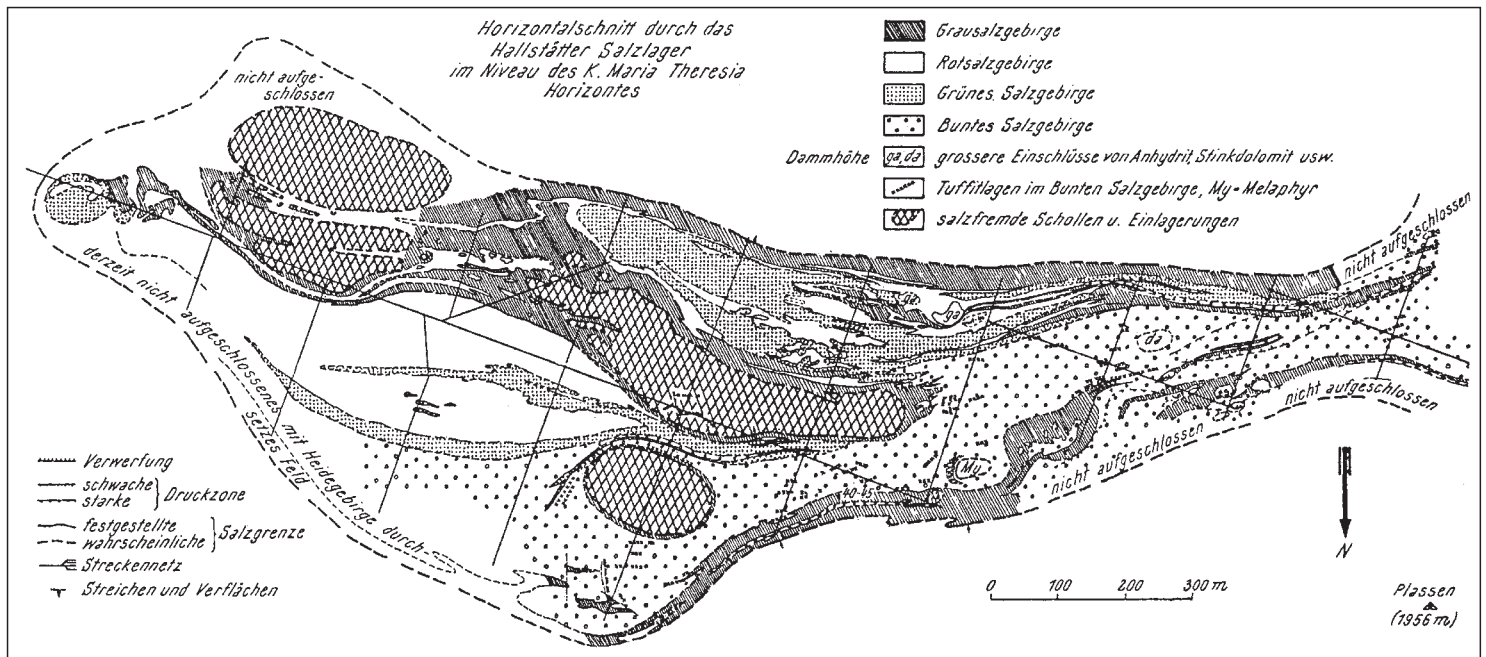


Abb. 2. Geologische Karte des Hallstätter Salzlagers im Niveau des Kaiserin-Maria-Theresien-Horizontes. Nach O. SCHAUBERGER (1955).

die Bergbaubetriebsleitung in Hallstatt haben diesen Forschungen dann stets größtes Interesse entgegengebracht und auch immer großzügig unterstützt und gefördert.

KLAUS hat mit der geologischen Forschungsstelle der Österreichischen Salinen unter der Leitung von Oberberg-rat Dipl. Ing. O. SCHAUBERGER eng zusammengearbeitet.

O. SCHAUBERGER hat die detaillierte und genaue Gliederung des alpinen Salzgebirges in Zonen nach den äußeren Kennzeichen und dann nach der petrographisch-chemischen Beschaffenheit erarbeitet, welche die notwendige Voraussetzung für die palynologische Probennahme und die weiteren Untersuchungen darstellte.

KLAUS war kurze Zeit nach Beendigung des Probejahres als Mittelschullehrer vom 17. Juli – 28. September 1951 als Bergbaupraktikant auf dem Salzberg in Hallstatt beschäftigt.

Die Aufbereitungsexperimente mit den verschiedenen Salzgesteinen wurden zunächst in einem improvisierten Laboratorium am Hallstätter Salzberg im Hochtal von Hallstatt (Abb. 3) mit einer der Zeit entsprechenden einfachen technischen Ausrüstung im sogenannten Schafferhaus (Abb. 4) durchgeführt, das 1989 abgerissen wurde (Zeitschrift der Österreichischen Salinen AG. „Salz aktuell“, Ausgabe 4/1989).

Früher, zur Zeit der Aufnahme am Beginn des 20. Jahrhunderts, diente das Haus als Wohnhaus für Bergschaffer (später als Steiger bezeichnet) und hatte noch Räumlichkeiten für Arbeiter, Manipulationszöglinge und Bergjungen sowie eine Kanzlei. Nach Herrn Bruno UNTERBERGER von der Saline Hallstatt, einem ehemaligen Mitarbeiter von KLAUS, stand dieses Schafferhaus zwischen Säge und Leopoldstollen südlich des Gerinnes des Grubenwassers aus dem Steinbergstollen (Abb. 3, 4).

Es war zu Beginn völlig unklar, welche Gesteine Sporen liefern und ob diese stratigraphisch verwertbar sind. Es gab, abgesehen von den erwähnten Einzelfunden, keine Literatur auf dem Gebiet der Steinsalzpalynologie.

Trotz der bescheidenen Laboreinrichtung – mit Flusssäure wurde z.B. auf einem Baumstumpf im Freien gekocht, erinnert sich Herr B. UNTERBERGER – hat KLAUS nach der ersten Entdeckung von Sporen im Mikroskop durch Experimentieren und Anwendung geeigneter spezifischer Präparationsmethoden für Salz, Ton und

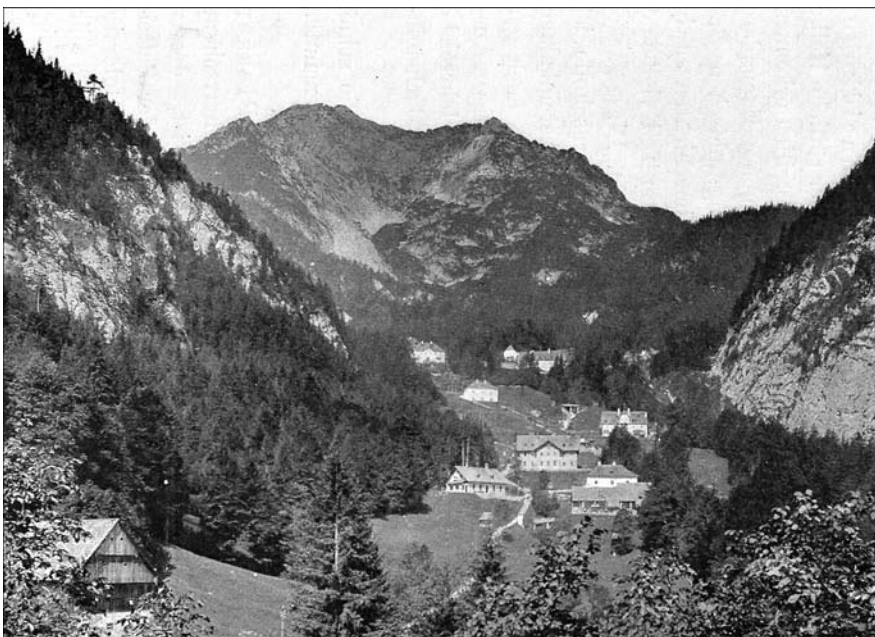


Abb. 3. Hallstätter Salzberg und Plassen vom Rudolfs-Oturm. Aufnahme: E. KITTEL.



## *Oberes Berghaus.*

Abb. 4.  
Oberes Berghaus(Schafferhaus).  
Pollenlabor im Erdgeschoss in der NW-Ecke des Gebäudes.

Anhydrit zuerst herausgefunden, welche Gesteine der Salzberge Sporen enthalten, so dass Zufälligkeiten ausgeschlossen werden konnten und eine intensive zielgerichtete Grundlagenforschung begonnen wurde. Salztön (grün und schwarz), Kernsalz, Werfener Schiefer, Roststreifiger Bändermergel und Liasfleckenmergel haben gut erhaltene, allerdings häufig fragmentierte Sporen geliefert. Der rote Salztön erwies sich als sporenenleer.

Im alpinen Salzgebirge herrschen „geflügelte“ Mikrosporen (*Saccites* ERDTMANN) vor (KLAUS, 1953), wie KLAUS durch Lösungsversuche von Steinsalz aus dem Bergwerk Hallstatt und dem Zechsteinsalz feststellen konnte. Die Sporen wurden durch den Wind in die von der Tethys abgeschnürten abflusslosen Meeresspannen eines warmen, seichten Schelfmeeres (Abb. 5) von der Festlandsvegetation des Kontinents Pangäa eingeweht und dort beim Auskristallisieren des Salzes unter heißen, trockenen Klimabedingungen aus dem hypersalinaren, lebensfeindlichen Meerwasser ausgezeichnet konserviert. Nach KLAUS ist die Sporengesellschaft im Salzgebirge

„... gegenüber Kohlenablagerungen erstaunlich formenarm.“

Die geringe Biodiversität hängt mit dem trockenen und heißen Klima zusammen.

Die Landpflanzen, welche die Luftsacksporen im älteren Mesophytikum lieferten, waren vor allem Nadelhölzer (Nacktsamer) und Farnsamer, die in dem trockenen und

heißen Klima wachsen konnten. Die Sporen sind hochinholt und gut erhalten – teilweise ist sogar noch der Zellkern fossil erhalten – allerdings wohl infolge tektonischer Beanspruchung oft fragmentiert, die Luftsäcke sind häufig losgelöst vom Zentralkörper der Sporen und flachgedrückt. Kennzeichnend für das Salzgebirge sind bisaccate Mikrosporen mit Längsspalten am Zentralkörper (KLAUS, 1953), die sogenannten taeniatischen Sporen.

Mit den regelmäßigen Sporenfunden aus dem Rotsalzgebirge, Grausalzgebirge und Grüntongebirge hat KLAUS erstmals eindeutig bewiesen und bei einem Vortrag während der Tagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft am 12. August 1952 in Osnabrück auch der Öffentlichkeit bekanntgegeben:

„Das alpine Salzgebirge selbst gilt nicht mehr als fossil-leer.“

Im Anschluss an einen Vortrag über „Sporendiagnose des deutschen Zechsteinsalzes und des alpinen Salzgebirges“ bei der Frühjahrstagung „Salzlagerstätten“ der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Goslar 1953 erhielt KLAUS eine Einladung des Institut Français du Pétrol in Paris, um dort ein palynologisches Laboratorium einzurichten und die französischen Kollegen für die Bearbeitung präquartärer Sedimente einzuschulen.

Einer davon war C. SITTLER, der später an der Universität Straßburg Professor für Palynologie am Geologischen Institut wurde.



Abb. 5.  
Salzlagune mit umgebender Vegetation mit Pteridospermae (Farnsammer), Coniferae (Nadelbäume) und Ginkgoales.  
Von G.W. MANDL.

Die ausführlichen unpublizierten Berichte für die Industrie über die ersten Ergebnisse der Grundlagenforschung der Salzpalynologie sind im Archiv der Geologischen Bundesanstalt in Wien aufbewahrt. Durch KLAUS ist die

„... Palynologie zur Paläontologie des Salzes geworden“  
(KLAUS, 1953).

Der nächste schwierige Schritt war die systematische Zuordnung der gefundenen Sporenformen nach dem morphographischen rein künstlichen Gliederungsprinzip der Spora dispersae, wobei er sich in erster Linie nach R. POTONIE (Amt für Bodenforschung in Krefeld), einem der hervorragendsten Palynologen dieser Zeit, gerichtet hat. Während eines von der Geologischen Bundesanstalt vermittelten Aufenthaltes in diesem Amt hat er die Sporen in Einzelkornpräparaten mit R. POTONIE bearbeitet und veröffentlicht (R. POTONIE & W. KLAUS, 1953); (Abb. 6).

Die Voraussetzung zur Festlegung eines Typus war das sorgfältig präparierte Belegexemplar, das KLAUS nach einem von ihm verbesserten Verfahren der Einzelkornpräparation (KLAUS, 1953) aufbewahrte. Das wichtigste Instrument dieser Methode war und ist (ZETTER, 1989) eine Präpariernadel mit einem Haar an der Spitze, mit dem die Sporen einzeln – vor fünfzig Jahren noch unter einem Monokular (Abb. 7) – aus dem Sammelpräparat herausgefischt werden.

KLAUS hat auch auf die exakte, begrifflich klare Bestimmung der Sporen größten Wert gelegt. Aus den Namen der neu aufgestellten Arten und Gattungen ist auch der Bezug zum Salzbergbau abzuleiten: *Nuskoisporites* POTONIE & KLAUS 1953, nach Hans NUSKO, Generaldirektor der öster-

reichischen Salinen, durch dessen Förderung die Salzsporenuntersuchungen zustande kamen, *Lueckisporites* POTONIE & KLAUS nach Hugo LUECK, der in seiner Dissertation 1913 erstmalig Sporen im Zechsteinsalz erwähnt hat, die dem Generotypus nahestehen, oder *Pityosporites schaubergeri* POTONIE & KLAUS nach Bergrat Dipl.-Ing. O. SCHAUBERGER, Hallstatt, welcher als Leiter der Geologischen Forschungsstelle der Generaldirektion der Österreichischen Salinen die Salzsporen-Untersuchung tatkräftig unterstützt und gefördert hat, *Pityosporites zapfei* POTONIE & KLAUS nach Doz. Dr. H. ZAPFE, Wien, welcher die erste Anregung zur Untersuchung des alpinen Salzgebirges auf seinen Sporenhalt hin gegeben hat.

Die graphische Darstellung der Prozentsätze der einzelnen Sporenformen in einem „Sporogramm“ (Abb. 8) ließ erkennen, dass die verschiedenen Straten der Salzgesteine aus Hallstatt und Hallein (Rotsalzgebirge, Grausalzgebirge und Grüntongebirge) „sporendiagnostisch“ zu unterscheiden sind. Die erste umfangreiche Probenserie aller Salzgesteine vom Hallstätter Salzberg wurde mit Erfolg untersucht und daraufhin die Sporendiagnose auf alle weiteren zu dieser Zeit bergmännisch abgebauten Salzlagernstätten der Ostalpen ausgedehnt.

KLAUS hat auch von Anfang an die Bestimmung der Sporendichte pro Volumseinheit für die Schlussfolgerungen auf die Vegetationsdichte und die Entfernung der Vegetation vom Sedimentationsraum (KLAUS, 1977) für wesentlich erachtet und eine Formel erdacht, die auf alle Sedimente anwendbar ist. Steinsalz enthält nur wenig Sporen, etwa 50–500/cm<sup>3</sup>, die dunklen Tone dagegen bis zu 100.000/cm<sup>3</sup>.

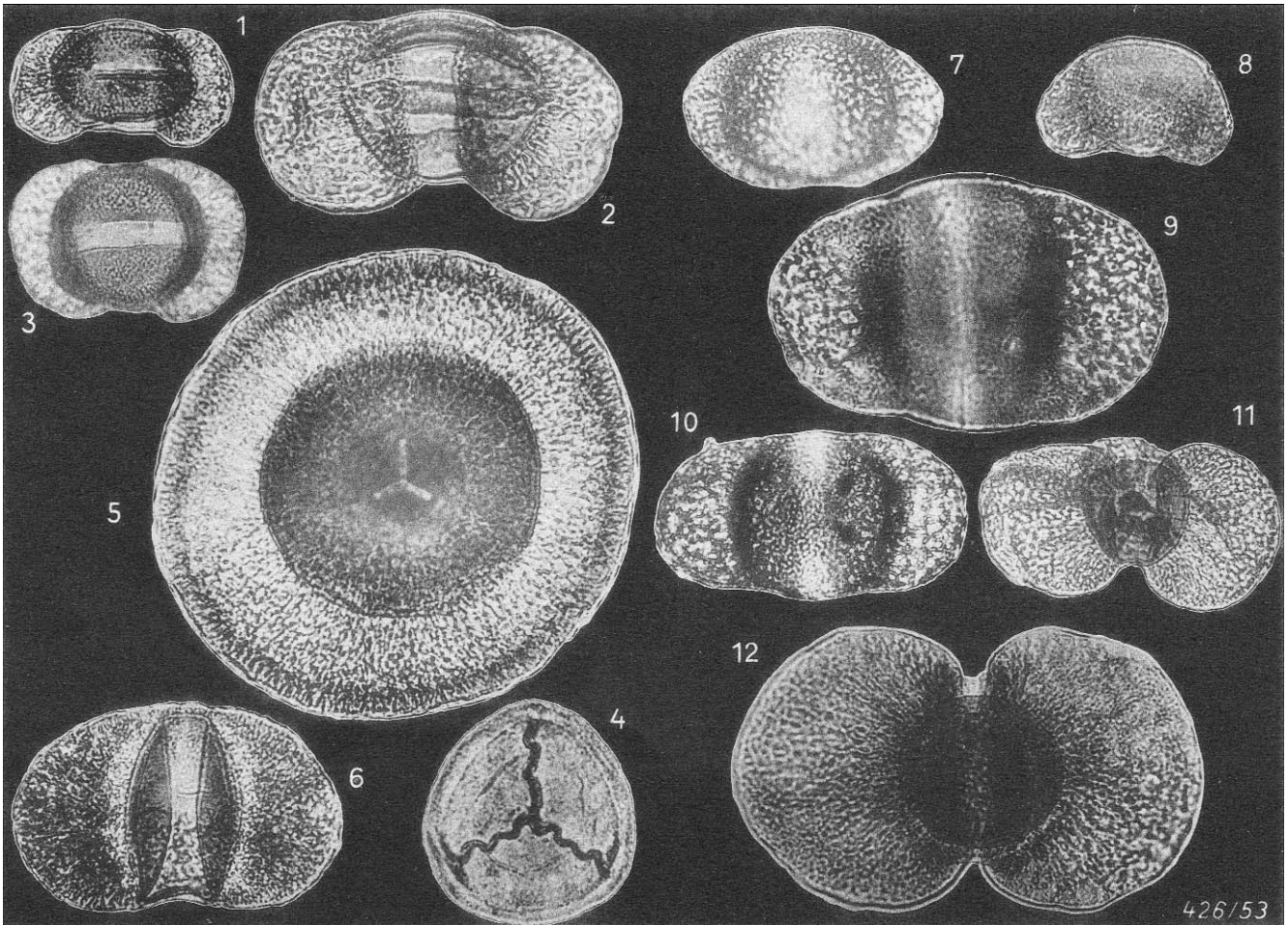


Abb. 6.  
Sporen aus den Salinargesteinen nach KLAUS (1954).

### 3.1. Alterseinstufung der Salzlagerstätten mit Sporen

Man hat die Palynologie in erster Linie als stratigraphische Methode zur Gliederung von Lagerstätten gebraucht und zuerst an den Gesteinen des Hallstätter Salzberges zum Einsatz gebracht.

KLAUS konnte bereits 1953 eine erste Mikrosporen-Stratigraphie der ostalpinen Salzberge vorlegen. Mit Hilfe der Sporen konnte nachgewiesen werden, dass die Werfener Tonschiefer und Sandsteine stratigraphisch über dem Salzgebirge liegen, das vermutlich im oberen Perm entstanden ist; die Sedimentation reichte bis ins untere Skyth.

Die Geologische Bundesanstalt unter der Direktion von H. KÜPPER hat die Bedeutung der Sporendiagnose (Palynologie) für Geologie und Bergbau erkannt und KLAUS durfte als auswärtiger Mitarbeiter schon ab dem 1. September 1952 bis 1953 Räumlichkeiten nutzen und Instrumente und Chemikalien von der Geologischen Bundesanstalt in erster Linie für den speziellen Forschungsauftrag verwenden, österreichische Braunkohlenlagerstätten pollenanalytisch zu untersuchen. Er hat aber schon als auswärtiger

Mitarbeiter der Geologischen Bundesanstalt weiter mit den Aufbereitungsmethoden salinärer Gesteine experimentiert und eine eingehende morphographische Untersuchung einer charakteristischen Salzsporenart durchgeführt und zahlreiche Mikrophotographien hergestellt. Im Auftrag der Generaldirektion der Österreichischen Salinen hat er eine Anzahl von Proben von Salztonen und Kernsalz aus Hall in Tirol, Hallein-Dürrenberg, Hallstatt, Bad Ischl und Altaussee untersucht und die Sporen bestimmt. 1953 hat er sich dann

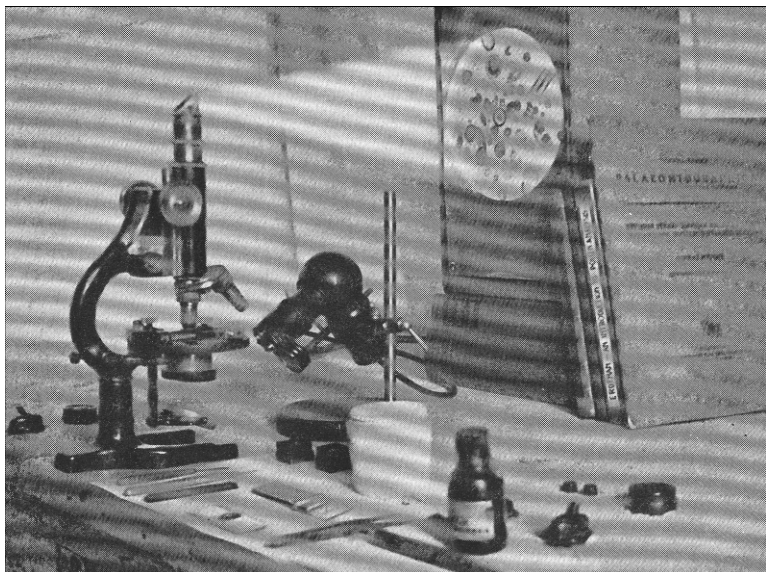


Abb. 7.  
Mikroskopische Einrichtung zur Einzelkornpräparation nach KLAUS (1953).

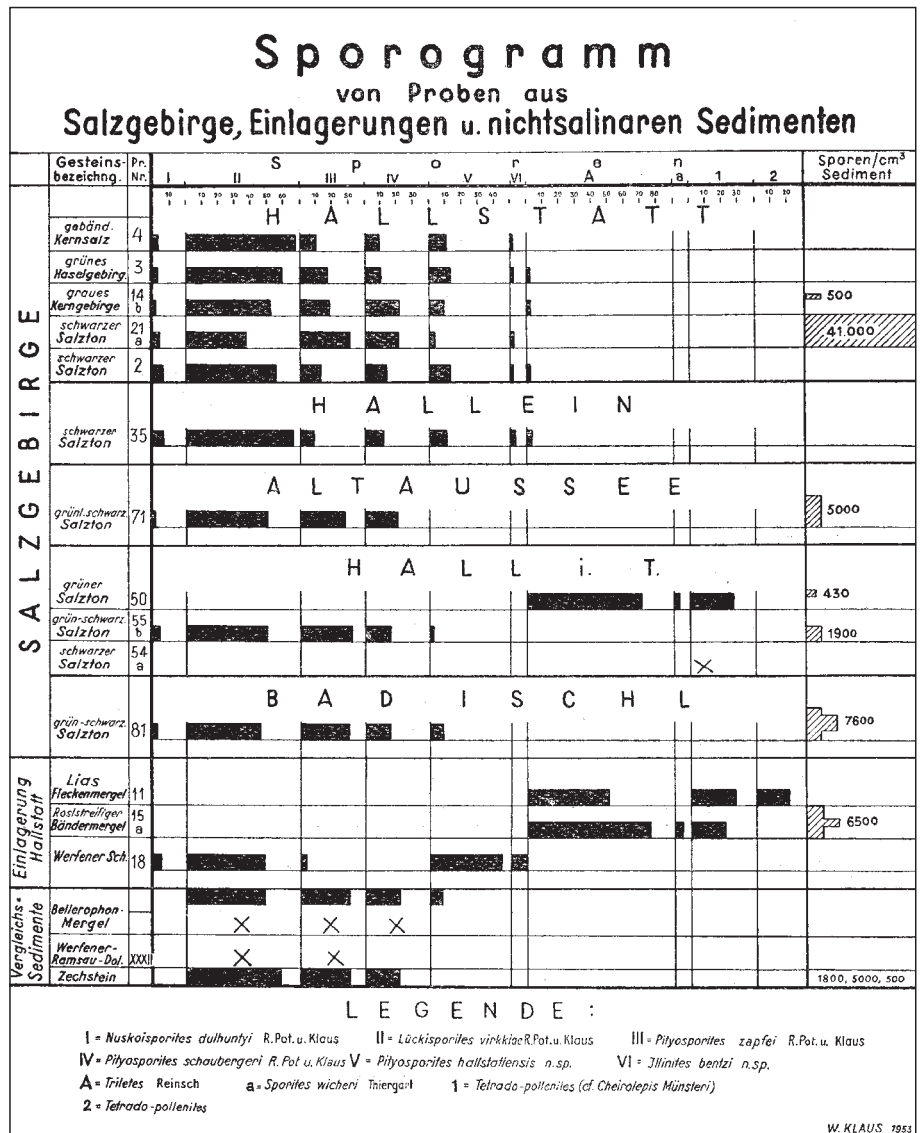
Abb. 8.  
Sporogramm nach KLAUS (1953).

hauptsächlich auf die Sporenanalysen der einzelnen Salzgebirgsarten des Hallstätter Salzberges konzentriert. Er hat in einem Vertikalschnitt des Hallstätter Salzberges aus allen Horizonten Proben untersucht und die Anwendung einer neuen diagrammatischen Darstellungsmethode gefunden. Auch Vergleichsproben aus Zechstein- und Bellerophonschichten hat er in die Untersuchungen einbezogen. Nachdem KLAUS durch seine bereits umfangreichen palynologischen Arbeiten im Salz- und Kohlebergbau zeigen konnte, dass er mit den verschiedenen Methoden sowohl der Grundlagenforschung als auch der Routinearbeit dieses für geologische Fragestellungen wichtigen Wissenschaftszweiges vertraut war, wurde er im Jänner 1954 in den Dienststand der Geologischen Bundesanstalt in die Bergbau- und Lagerstättenabteilung übernommen und war später Chefgeologe. Seine Aufgaben waren pollenanalytische Arbeiten für geologisch-stratigraphische Beurteilungen. Das Laboratorium der Geologischen Bundesanstalt wurde als palynologische Forschungsstelle geschaffen und im Jänner 1956 in Betrieb genommen. Der Arbeitsraum, ein kleines ehemaliges Dienstbotenzimmer im fürstlichen Palais, hatte eine Raumhöhe von nur 2,14m. Der Laborant Herr Karl BAUER hat in diesem Labor hunderte Proben aufbereitet.

Durch Erfahrungsaustausch und Zusammenarbeit mit den bedeutenden Palynologen in Krefeld (R. POTONIE), Paris, Hannover und Stockholm (G. ERDMANN) wurde KLAUS zum Pionier vor allem der Präquartärpalynologie und hat im Rahmen der alpinen Salz-Sporenanalyse die Palynologie in Österreich sehr rasch auf internationalen Standard gebracht. Die Geologische Bundesanstalt wurde damit zu einer zentralen Stelle der palynologischen Grundlagenforschung. 1954 hat KLAUS am 8. Internationalen Botanikerkongress in Paris ein Referat über Salzsporenanalyse gehalten und damit internationale Anerkennung erhalten. Er wurde als österreichischer Vertreter in die internationale Kommission für Palynologie gewählt.

Die Perm-Triasstratigraphie österreichischer Salzlagerstätten ist an der Geologischen Bundesanstalt auch weiterhin ein Forschungsschwerpunkt geblieben.

Voraussetzung für eine gesicherte Einstufung der Salzlagerstätten war herauszufinden, ob sich die Sporenflora des Oberperm und des Skyth überhaupt grundsätzlich unterscheiden lassen. In den Salztonen des deutschen Zechsteins hat KLAUS eine Ähnlichkeit mit der Sporenflora der alpinen Salzlagerstätten gefunden (KLAUS, 1955). 1957 hat er in einer kurzen Mitteilung erstmals eine Übersicht über die Pollenzonen der Trias gegeben. Aus dem Salzberg von Hallstatt hat KLAUS ein Standard-Pollenprofil



erstellt und durch neue Probenaufsammlungen weiter ergänzt. Dieses Profil war als Grundlage für die Paralleluntersuchungen der Salzlagerstätten von Hallein, Bad Ischl und Aussee geeignet.

Für den weiteren Fortschritt der systematisch wissenschaftlichen Forschung und zur Absicherung der stratigraphischen Einstufung der Salzgesteine war es grundsätzlich notwendig, stratigraphisch gesichertes Probenmaterial aus Profilen zum Vergleich gründlich zu untersuchen. Dieses fand KLAUS in den Südalpen im Grödener Sandstein und den Bellerophonschichten aus dem Oberperm, die durch Makro- und Mikrofaunen bzw. auch Makroflora sicher eingestuft sind. Prof. W. HEISSEL vom Geologischen Institut der Universität Innsbruck, ein ehemaliger Kollege an der Geologischen Bundesanstalt, hat ihn bezüglich Fundpunktangaben und Geologie beraten. Er sammelte die Proben der fossilbelegten Bellerophonschichten und diejenigen der tonigen Zwischenlagen des Grödener Sandsteins im Typusgebiet der Grödener Schichten bei St. Ulrich erstmals 1959 im Grödener Tal auf und hat 1961 begonnen, die Sporenflora daraus genau zu bearbeiten und eingehend zu beschreiben. Die Aufbereitung von Probenmaterial hat sein bewährter Präparator in Hallstatt, J. EGGER, durchgeführt. Diese Grundlagenforschungen hat KLAUS mit einer zusammenfassenden Darstellung abgeschlossen. Die Arbeit „Sporen aus dem südalpinen Perm“ (Vergleichsstudie für die Gliederung nordalpiner Salzserien) erschien

im Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **106**, S. 229–363, Wien 1963, und wurde 1964 als Habilitationsschrift vorgelegt und angenommen. In dieser Publikation sind 55 Formarten von Sporen präzise beschrieben (36 davon neu) und mit unübertroffenen schönen lichtmikroskopischen Aufnahmen (Abb. 9) z.T. in verschiedenen optischen Ebenen und mit Strichzeichnungen zur Darstellung der morphologischen Details abgebildet. Das Ziel war, die Bestimmung auch ohne Vorlage der Originalpräparate durchführen zu können. KLAUS hat bei *Nuskoisporites* die Variationsbreite sowie die Einbettungslagen und die verschiedenen Erhaltungszustände eingehend studiert und behandelt. Dadurch hat er die Aufstellung neuer Arten vermieden. Er hat sich kritisch mit der Bewertung der Merkmale in der Literatur auseinandergesetzt und gegen eine zu „starre Zahlendiagnostik“ bei der Erfassung biologischer Objekte ausgesprochen und hat viel zur Entwicklung der präquartären Sporen-Systematik beigetragen.

Diese detaillierten Studien an dem sehr gut erhaltenen Sporenmaterial ermöglichten den Vergleich mit anderen permo-triadischen Ablagerungen. Die wichtigsten stratigra-

phischen Ergebnisse waren, dass die Bellerophonschichten, der deutsche Kupferschiefer, Zechstein, ungarisches Ober-Perm des Balatonhochlandes und das alpine Salzgebirge eine ganz ähnliche Sporenflora führen und dass damit den Sporen mit Leitarten wie *Nuskoisporites dulhuntyi*, *Lueckisporites virkkiae*, *Pityosporites schaubergeri*, *Pityosporites zapfei*, *Jugasporites delasaucei* und *Gigantosporites hallstattensis* z.B. eine grundlegende Bedeutung in der Einstufung der alpinen Salzlagerstätten zukommt (Fig. 9).

Durch weitere Untersuchungen von gut datierten Vergleichsproben sowohl aus dem oberen Perm der Südalpen, dem Zechstein, dem Buntsandstein der Vogesen und von Thüringen, Werfener Schiefer der Südalpen und Muschelkalk der Südalpen, Frankreich und Deutschland und aus den Raibler Schichten hat KLAUS die Verwendbarkeit der Sporen für die Altersbestimmung der Salinargesteine untermauert (KLAUS, 1964).

Er konnte mit diesen Arbeiten zeigen, dass er die Methoden der wissenschaftlichen Auswertung beherrscht. 1964 hat er die Habilitation mit der Habilitationsschrift „Sporen aus dem südalpinen Perm“ eingereicht. 1965 wurde dem

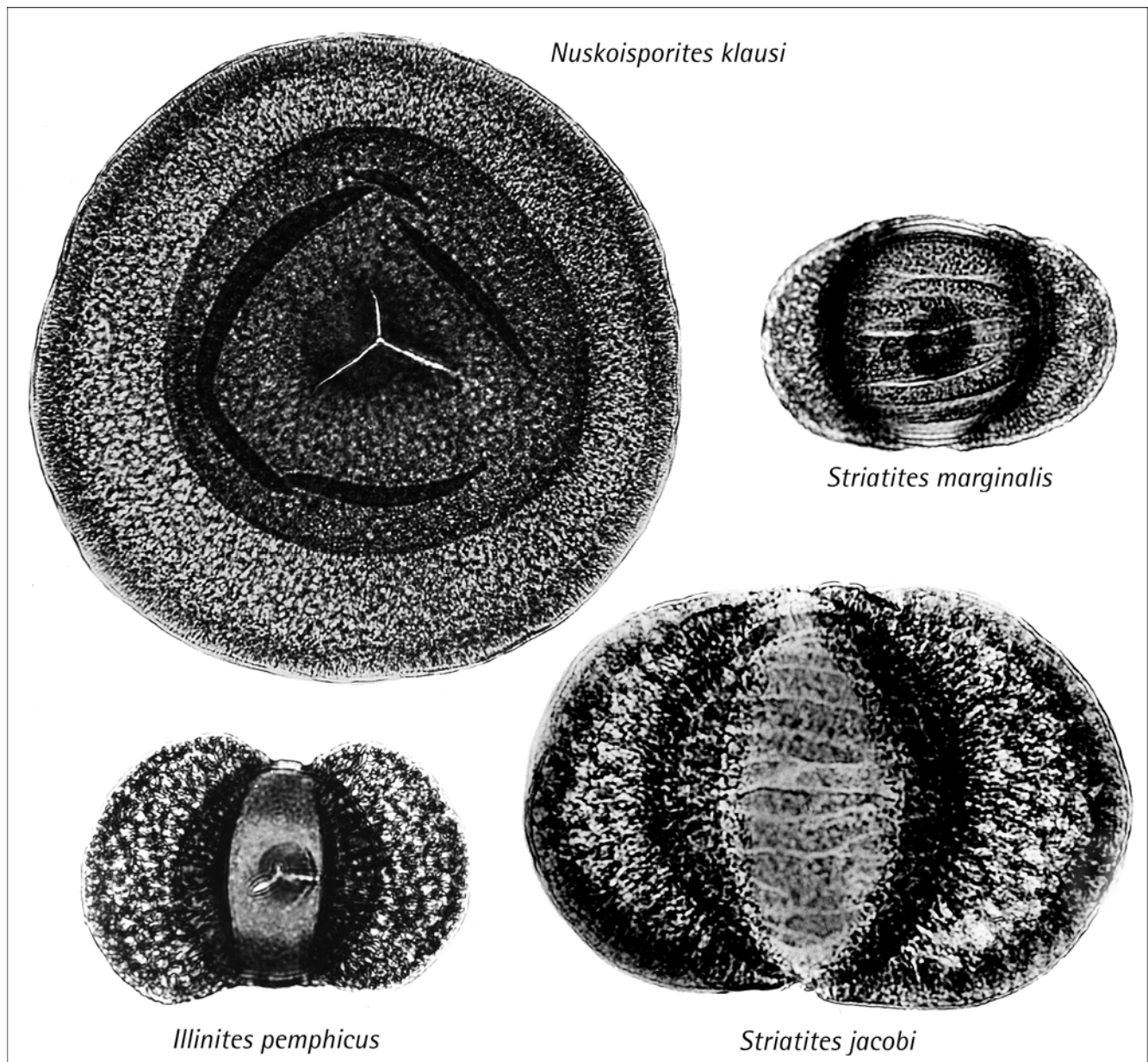


Abb. 9.  
Sporenfotos aus KLAUS (1963).



Chefgeologen die Lehrbefugnis als Universitätsdozent für Paläobotanik mit besonderer Berücksichtigung der Palynologie (Pollen- und Sporenanalyse) erteilt und er wurde dem Paläontologischen Institut der Universität Wien zugeteilt. Die Habilitations-Probevorlesung hat er über „Anwendungsgebiete der Palynologie“ gehalten. Die Habilitation von KLAUS wurde vom Professorenkollegium (u.a. THENIUS, CLAR, EXNER, GEITLER, BIEBL, PITTIONI) sehr begrüßt, da die Paläobotanik nach dem Tod von Elise HOFMANN 1955 nur provisorisch durch Prof. THENIUS vertreten war und ein Fachmann für die Forschung und wissenschaftliche Schulung des Nachwuchses dringend gebraucht wurde. KLAUS hat in diesen Jahren bereits ein umfangreiches Material nicht nur aus den Salinargesteinen und dem südalpinen Perm, sondern auch aus Moorprofilen, tertiären Braunkohlen- und Erdöllagern sowie aus der alpinen Trias palynologisch bearbeitet.

1967 wurde er unter dem Ordinariat von Prof. THENIUS als Ao. Prof. an die Lehrkanzel für Paläobotanik berufen; diesem Ruf ist er gefolgt. KLAUS wollte Hochschulprofessor werden. Er hatte auch Freude am Unterricht. Auf Antrag von KLAUS wurde 1970 die Lehrkanzel in Paläobotanik und Palynologie umbenannt und ab 1973 zu einem eigenen Ordinariat aufgewertet (THENIUS, 1985).

Auch an der Universität war im Rahmen seiner vielfältigen paläobotanischen Tätigkeiten ein Teil der Grundlagenforschung weiterhin auf geologisch-stratigraphische Fragestellungen der Salzlagerstätten ausgerichtet mit dem Ziel, zu einer möglichst genauen Kenntnis des Alters der mannigfaltigen Gesteine der Salzlagerstätten zu gelangen. Durch Untersuchungen von weiterem Probenmaterial aus Salzgesteinen aus der Unter-Trias (aus Deutschland, Röt – entspricht Oberem Buntsandstein und Muschelkalk), die er schon früher noch an der Geologischen Bundesanstalt im Rahmen der Triassporenforschung durchgeführt hatte, konnte er nachweisen, dass sich die Sporengesellschaften des Oberperm (*Lueckisporites virkkiae*, *Nuskoisporites*, *Gigantospores hallstattensis*) und der Untertrias (*Triadispora*) wesentlich unterscheiden. Damit ergab sich für das Rotsalzgebirge, das tonige Grausalzgebirge, das rot/grüne Übergangsgebirge und Liniensalz des Grüntongebirges Oberperm-Alter. Die Mikroflora aus den Tonen des stinkdolomitisch anhydritischen Grausalzgebirges von Hallstatt ist jünger und entspricht dem Ober-Skyth bis Basis des Anis. Daraus ließ sich auf eine tektonische Beimengung von salzfernen jüngeren Triassporen in die Salzgesteine schließen.

KLAUS hat mit diesen Forschungen weltweit Interesse geweckt und es folgten Einladungen nach USA, Mexiko und Indien. Beim dritten Salzsymposium in Cleveland, Ohio, USA, hielt er den Vortrag „Utilization of Spores in Evaporite Studies“ (KLAUS, 1971), in dem er auch über die praktischen Auswirkungen der Sporenanalysen für den Bergbau sprach, die sich durch die Unterscheidungsmöglichkeit von Salinargesteinen und deren Einschlüssen durch Sporen ergeben.

Mit diesen Ergebnissen gab er sich noch nicht zufrieden und hat durch weitere feinstratigraphische Untersuchungen von Proben außerhalb der Hallstätter Zone aus der untersten Trias von Grönland, die er von Prof. TRÜMPY erhielt, aus dem Langenbergtunnel in Kärnten (Aufsamm lung Direktor KÜPPER) und Röt (Oberer Buntsandstein) aus Deutschland die Lücke der Kenntnis der Sporenentwicklung vom Oberperm bis zur Oberen Obertrias in der Unteren und Mittleren Untertrias in Hinblick auf die Sporenentwicklung der Perm/Triasgrenze auch noch geschlossen (KLAUS, 1980).

Er hat in der Untertrias drei verschiedene Sporengesellschaften unterschieden. Wegen der fehlenden Kontrollmöglichkeit durch andere Fossilien bei den Salinargesteinen nahm KLAUS eine andere Methode zur Hilfe:

### 3.2. Altersbestimmung der Evaporitgesteine durch Schwefelisotopen

Um die Ergebnisse der Altersbestimmung der Salinargesteine mit Sporen zu überprüfen, regte KLAUS erstmals in Österreich Schwefelisotopenuntersuchungen von sulfatischen Evaporiten an, nachdem Messergebnisse von zwei Proben aus dem Hallstätter Salzberg und von drei aus dem Ischler Salzberg dem Ober-Perm entsprechende Werte ergeben hatten (HOLSER & KAPLAN, 1966).

In Wien wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes des FWF am Institut für Radiumforschung und Kernphysik von E. PAK eine Messapparatur für Schwefelisotopen aufgebaut. Zuerst ergaben sich für eine Probenreihe aus Hallstatt Werte von  $\delta^{34}\text{S}+10,4\%$ , die eindeutig dem Ober-Perm entsprechen (KLAUS, 1974). KLAUS zog daraus den Schluss, dass die jüngeren Trias-Sporen des nördlichen Grausalzgebirges durch tektonische Einlagerung der Sedimente in das permische Haselgebirge gelangt seien. Eine genaue Überprüfung der Entnahmestelle der Proben durch O. SCHAUBERGER ergab jedoch, dass diese gemessenen Proben der „Wachsenanhydrite“ aus dem permischen Bunten Salztongebirge stammen und nicht aus dem Grausalzgebirge, aus dem die Proben die triadischen Werte lieferten (PAK & SCHAUBERGER, 1981).

Durch die Schwefelisotopenmessungen wurden daher die Forschungsergebnisse von KLAUS, die aufgrund der Mikroflora zwei zeitlich verschiedene Salinarperioden unterscheiden lassen, voll bestätigt (SPÖTL, 1988 a, b). Zu der geplanten Bilddokumentation der Sporen des Ober-Perm der ostalpinen Salzlagerstätten, zur sporologischen Salzgebirgsdarstellung einschließlich der Sporenführung der Einlagerungen (Werfener Schiefereinlagerung und roststreifiger Bändermergel im Bereich der Zlambachmer-

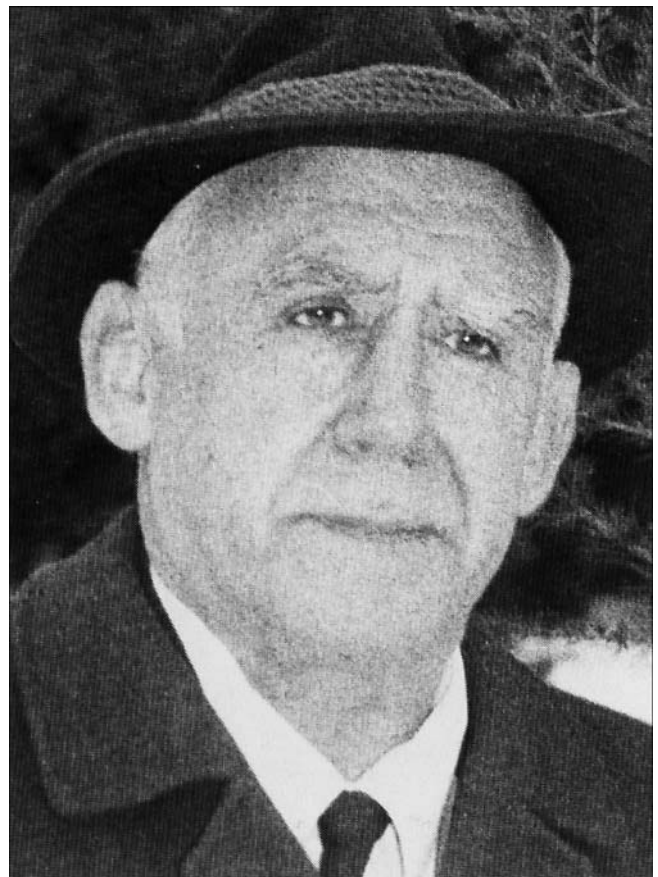


Abb. 10.  
W. KLAUS in seinen späten Lebensjahren.



Abb. 11.  
Grabstätte von W. KLAUS auf dem Friedhof in Payerbach.

gel) mit moderner Darstellungstechnik als Abschluss jahrelanger Forschungen ist KLAUS nicht mehr gekommen:

*„Dabei wird eine große Zahl paläobotanischer und stratigraphischer Probleme angeschnitten, deren Deutung wohl erst künftigen Bearbeitern obliegen wird.“* (KLAUS, 1977).

Die haben sich allerdings bisher noch nicht gefunden. KLAUS ist im Familiengrab in Payerbach begraben und hat das große kunstvolle schmiedeeiserne Grabkreuz, das die Evolution der Pflanzenwelt von den Algen bis zu den Blütenpflanzen darstellt, lange vor seinem Tod selbst entworfen.

### Dank

Ich danke insbesondere Herrn HR Dr. Günther HATTINGER für das Foto vom Schafferhaus und die Informationen darüber. Herrn Bruno UNTERBERGER und Herrn Dr. Gerhard SCHÄFFER danke ich für interessante Mitteilungen über das Hochtal am Salzberg. Herrn Dr. Christoph HAUSER ist für die geduldige Hilfe im EDV-Bereich zu danken. Bei Herrn Dr. Johannes SEIDL bedanke ich mich herzlich für die Korrektur des Manuskriptes.

### Veröffentlichungen zur Salz-Palynologie von W. KLAUS

#### 1950

– Entwicklung und Bedeutung der Präquartär-Palynologie (Pollen- und Sporenanalyse) in Österreich. – Zeitschr. Erdöl, **6** (9), 88–91, Wien.

#### 1953

– Mikrosporenstratigraphie der ostalpinen Salzberge. – Verh. Geol. B.-A., **1953/3**, 161–175, Wien.  
– Alpine Salzmikropaläontologie (Sporendiagnose). – Paläont. Z., **27** (1/2), 1–14, Wien.  
– Zur Einzelkornpräparation fossiler Sporomorphen. – Mikroskopie, **8** (1–2), 1–14, Wien.  
– Palynology of Coal, Salt and Oil in Austria. – The Micropaleontologist, **7**(4), 28–30, New York.

#### 1954

– Palynology of Salt. – VIII. Congr. Paris 1954, Sext. 6, S. 253, Paris.  
– Alpine Salzsporen-Diagnose. – Z. deutsch. Geol. Ges., Jg. **1953**, 105/2, 234–235, Hannover.  
– Laboratorium für Palynologie, Bericht 1953. – Verh. Geol. B.-A., **1954**, H.1, 1954.

#### 1955

– Über die Sporendiagnose des deutschen Zechsteinsalzes und des alpinen Salzgebirges. – Z. deutsch. Geol. Ges., Jg. **1953**, 105/4, 776–778, Hannover.  
– Die Bedeutung anorganischer Sedimente für die Sporenstratigraphie in der angewandten Geologie. – Erdöl-Zeitung, Jg. **1955**, 71 (5/6), 51–52, Wien.  
– Laboratorium für Palynologie, Bericht 1954. – Verh. Geol. B.-A., Wien.  
– Palynologie der Salz- und Tongesteine. – In: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, Bd. II, Teil IV, Frankfurt a. M. (Umschau Verlag).

#### 1956

– Kohle-, Salz- und Erdöllager im Lichte der Sporenmikroskopie. – Österr. Bergmannskalender (Montan-Verlag), Wien.  
– Laboratorium für Palynologie, Bericht 1955. – Verh. Geol. B.-A., 121–122, Wien.

#### 1957

– Some Lower Mesophytic Microspores of Europe with remarks on their relation to the Gondwana-Microflora. – Journ. Paleont. Soc. India, **2**, 151–155, Lucknow.  
– Laboratorium für Palynologie, Bericht 1956. – Verh. Geol. B.-A., A107–108, Wien.

#### 1958

– Laboratorium für Palynologie, Bericht 1957. – Verh. Geol. B.-A., A298–299, Wien.

#### 1959

– Laboratorium für Palynologie, Bericht 1957. – Verh. Geol. B.-A., A123–124, Wien.

#### 1960

– Laboratorium für Palynologie, Bericht 1959. – Verh. Geol. B.-A., A 122–123, Wien.

#### 1961

– Laboratorium für Palynologie, Bericht 1960. – Verh. Geol. B.-A., A111–112, 1963, Wien.  
– Sporen aus dem südalpinen Perm (Vergleichsstudie zur Gliederung nordalpiner Salzserien). – Jb. Geol. B.-A., **105**, 279–363, Wien.

#### 1964

– Zur sporenstratigraphischen Einstufung von gipsführenden Schichten in Bohrungen. – Erdöl-Zeitschrift, **80/4**, 119–132, Wien-Hamburg.  
– Laboratorium für Palynologie, Bericht 1963. – Verh. Geol. B.-A., A71–72, Wien.

#### 1965

– Zur Einstufung alpiner Salztone mittels Sporen. – Verh. Geol. Ges., **116/2**, 544–548, Hannover.  
– „Pterocarya“-Pollen im Quartärsalz aus Israel. – Pollen et Spores, **7/3**, 529–531, Paris.

#### 1966

– Laboratorium für Palynologie, Bericht 1965. – Verh. Geol. B.-A., A68–69, Wien.

#### 1968

- State of preservation of fossil spores as an aid to saline deposits. – Proc. Hannover Symp. 1968 (Earth sciences, 7), 129, Hannover.

#### 1970

- Utilization of spores in Evaporite Studies. – Third Symposium on Salt, NOGS, 30–33, Cleveland, Ohio.

#### 1974

- Neue Beiträge zur Datierung von Evaporiten des Ober-Perm. – Carinthia 2, **164/84**, 79–85, Klagenfurt (mit Beiträgen von E. PAK).

#### 1977

- Zur Bestimmung und Interpretation der Pollendichte in Sedimenten. Am Beispiel von Tongesteinen aus dem Hallstätter Salzberg und dem Torfmoor am Walseberg dargestellt. – Jb. OÖ. Mus. Ver., **122/1**, 171–182, Linz.

#### 1987

- Steinsalz-Palynologie. – In: Einführung in die Paläobotanik. Fossile Pflanzenwelt und Rohstoffbildung. Bd. 1, 304 S., Wien (Deuticke).

### **Unveröffentlichte palynologische Berichte an die Generaldirektion der Österreichischen Salinen im Archiv der Geologischen Bundesanstalt**

#### 1951

- Bericht Nr. I: Bericht über Grundlagenforschung der Salzpalynologie. Sporengattungen aus dem alpinen Salzgebirge.

#### 1952

- Bericht Nr. II: Bericht über sporendiagnostische Salzuntersuchungen (durchgeführt am Hallstätter Salzberg vom 29. August – 6. September 1952).
- Bericht Nr. III: Ergebnisse der sporendiagnostischen Untersuchung von 12 Salzgebirgsproben laut Auftrag der Generaldirektion der Österreichischen Salinen vom 21. April 1952.

- Bericht über sporendiagnostische Untersuchungen von 25 Zechsteinproben.

### **Sonstige Literatur zum Thema**

- HOLSER, W.T. & KAPLAN, I.R. (1966): Isotope Geochemistry of Sedimentary Sulfates. – Chem Geol., **1**, 93–135.
- KLAUS, W. mit Beiträgen von E. PAK (1974): Neue Beiträge zur Datierung von Evaporiten des Ober-Perm. – Carinthia II, **164** (1974) 79–85, Klagenfurt.
- MANDL, G. (1999): Short notes on the Hallstatt salt rock – the „Haselgebirge“. – In : FOREGS Vienna-Austria 1999, 91–95, Wien.
- MEDWENITSCH, W. (1949): Der geologische Aufbau des Salzkammergutes im Raume Ischl – Hallstatt – Aussee. – Berg- und Hüttenmänn. Mh., Jg. **94**, H. 3, Wien.
- PAK, E. & SCHAUBERGER, O. (1981): Die geologische Datierung der ostalpinen Salzlagerstätten mittels Schwefelisotopenuntersuchungen. – Verh. Geol. B.-A., Jg. **1981**, 185–192, Wien.
- PETRASCHECK, W. (1947): Bitumen und Erdgas im Haselgebirge des alpinen Salzbergbaues. – Berg- und Hüttenmänn. Mh., Jg. **92**, 106–109, Wien.
- SCHAUBERGER, O. (1986): Bau und Bildung der Salzlagerstätten des ostalpinen Salinars. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **7**, 217–254, Wien.
- SPÖTL, Ch. (1988a): Schwefelisotopendatierungen und fazielle Entwicklung permoskythischer Anhydrite in den Salzbergbauen von Dürrenberg/Hallein und Hallstatt (Österreich.). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **34/35**, 209–229, Wien.
- SPÖTL, Ch. (1988b): Sedimentologisch-fazielle Analyse tektonisierter Evaporitserien – eine Fallstudie am Beispiel des alpinen Haselgebirges (Permoskyth, Nördliche Kalkalpen). – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **15**, 59–69, Innsbruck.
- THENIUS, E. (1985): 40 Jahre Paläontologie an der Universität Wien (1945–1984). – Jb. Geol. Bundesanst., **126/2**, 227–239, Wien.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 15. März 2004