

## Sedimentation und Shoshonit von Weitendorf, Badenien, Steirisches Becken

Von Bernhard KRAINER \*)

Mit 4 Abbildungen und 2 Tabellen

### Zusammenfassung

Es werden neue Ergebnisse über die Vulkanit-Sedimentbeziehung und Alter des Weitendorfer Shoshonits (Badenien, Zentrale Paratethys) vorgestellt. Die liegenden Tonmergel können aufgrund einer erstmals nachgewiesenen, artenreichen Mikrofauna in die Obere Lagenidenzone des Badenien eingestuft werden, wodurch die bisherige Verwendbarkeit der radiometrischen Altersdatierung des Shoshonits für die Chronologie der Grenze Karpatien/Badenien in Frage gestellt wird. Vom Hangenden des Shoshonits wird eine fossilführende badenische Schichtfolge, die einem flachmarinen bis supralitoralischen Ablagerungsbereich entstammt, beschrieben. Entgegen früherer Interpretationen als sekundärer Gleitkörper wird die Möglichkeit der aktiven, primären Platznahme des Shoshonits im flachmarinen Ablagerungsbereich vorgeschlagen.

### Summary

New results concerning age and relationship of surrounding sediments to the Middle Miocene Weitendorf Shoshonit (Central Paratethys) are presented. Microfauna range the underlying sediments of the shoshonit among the Upper Lagenidenzone of the Badenian, therefore radiometric dates of the vulcanite are inappropriate for the chronology of the Karpatian/Badenian boundary. From the top of the shoshonit recently exposed sediments from a slight depression between the vulcanite and its covering pleistocene terrasse gravels are interpreted as shallow marine – supralitoral deposits of Badenian age. Based on further field observations former interpretations of the shoshonit as a cooled sliding-body are rejected and an active emplacement is proposed.

### Inhalt

1. Einleitung . . . . .	144
2. Historischer Rückblick . . . . .	145
3. Zur Mikrofauna der liegenden Sedimente . . . . .	145
4. Shoshonit/Sedimentkontakte . . . . .	146
5. Die hangende tertiäre Schichtfolge . . . . .	148
6. Diskussion und Schlußfolgerungen . . . . .	153

\*) Adresse des Verfassers: Dr. Bernhard KRAINER, Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie, Elisabethstraße 5/I, A-8010 Graz.

## 1. Einleitung

Das etwa  $2 \times 4$  km große mittelmiozäne Vulkanitgebiet von Weitendorf-Wundschuh liegt etwa 20 km südlich von Graz (siehe Abb. 1) und wird an seinem Südrand durch den Steinbruch Weitendorf aufgeschlossen. Der Shoshonit von Weitendorf ist bereits seit der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts (ANKER 1930, MORLOT 1847, SEDGWICK & MURCHISON 1831) in der erdwissenschaftlichen Literatur bekannt.

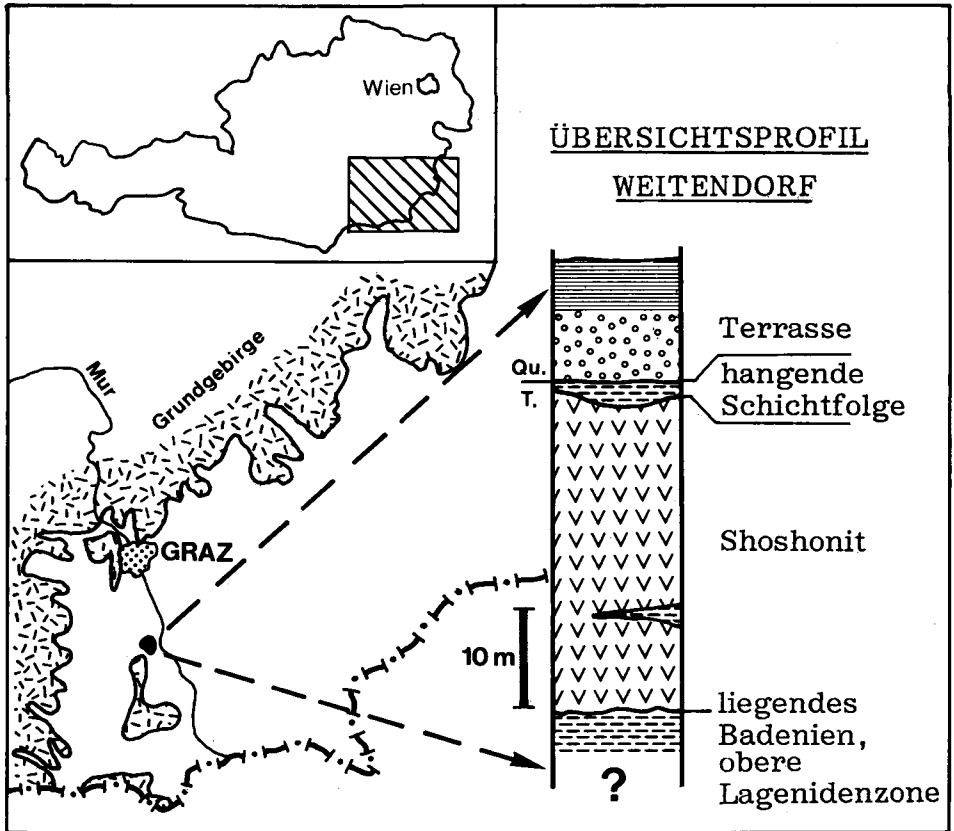


Abb. 1: Lage und Übersichtsprofil von Weitendorf.

Sein Alter und die Beziehungen zu den umgebenden tertiären Ablagerungen konnten jedoch erst in jüngster Zeit näher geklärt werden. Die zuletzt bekannte Überlagerung des Shoshonits bildete im Bereich des Steinbruches der quartäre Schotterkörper des Helfbrunner-Terrassen-Niveaus. Die neu aufgeschlossenen neogenen Sedimente an der Basis dieses Schotterkörpers wurden von T. UNTERSWEG im Jahre 1981 angetroffen und in PÖSCHL, SUETTE & UNTERSWEG 1982: 48 abgebildet.

## 2. Historischer Rückblick

Die kurze Übersicht beschränkt sich auf bisherige Beobachtungen und Kenntnisse über die Beziehungen zwischen dem Shoshonitkörper und Tertiärsedimenten. An Fremdeinschlüssen im Shoshonit sind Quarzgerölle, tertiäre Karbonate, Sandsteine und Tonschiefer sowie an Klüfte gebundenes, hydrothermal ummineralisiertes, toniges Sedimentmaterial bekannt (MORLOT 1847, LEITMEIER 1908, 1909, F. HERITSCH 1921, SIGMUND 1922, 1924, 1926, MACHATSCHKI 1927, WINKLER-HERMADEN 1939, HÜBL 1941, H. HERITSCH 1963).

Von größerem Interesse sind jedoch Angaben über an den Shoshonit angelagerte Tertiärsedimente. Bereits SIGMUND 1897: 536 traf eine 2 m mächtige Mergelschicht an einer muldenförmigen Stelle der Basaltkuppe an. GEYER 1902 (vgl. A. HAUSER in FLÜGEL, HAUSER & PAPP 1952: 173) fand eine fossilführende, rotverfärbte, mit 60° nach SE einfallende Mergelbank. DREGER 1902: 218 berichtet über einen fossilführenden, mergeligen Schiefer-ton, den er wegen der kaum gestörten Lagerung und fehlender Kontaktwirkung für postbasaltisch hält. HILBER 1905: 399ff. bildet steil aufgerichtete, fossilführende Schichten ab, die er als vorbasaltisch einstuft. F. HERITSCH 1921: 209 interpretiert die Verstellung randlicher Schichten mit dem Aufdringen des Basalts. MACHATSCHKI 1927: 413 beschreibt hangend eine 0,5 m mächtige Sedimentbank, für die er ein pontisches Alter annimmt. WINKLER-HERMADEN 1939: 74ff. bildet in den oberen Partien des Basaltes etliche größere, „geringmächtige aber langgedehnte Sedimenteinschlüsse“ ab. Zusammen mit steil aufgerichteten, marinen Schichten am Südrand des Bruches und den Ergebnissen von H. HERITSCH 1928 (Orientierung von Blasen-zügen) sieht er in diesen Einschlüssen den Beweis für ein postsedimentäres Eindringen des Vulkanitstockes.

Über das liegende, fossilreiche Tertiär berichten erstmals FLÜGEL, HAUSER & PAPP 1952. Die Untergrenze des Shoshonits wird von einer mit Harnischen und Gleitflächen durchsetzten, mechanischen Grenze gebildet, wobei eine geringe thermische Beeinflussung (Bleichungsstreifen) des Sediments angenommen wird. Eine erweiterte und aktualisierte Faunenliste des liegenden Tonmergels bringen EBNER & GRÄF 1977, weitere sedimentologische und faunistische Angaben stammen von FENNINGER & WASSERMANN 1982.

Weitere Hinweise zur tertiären Überlagerung des Vulkanitgebietes von Weitendorf-Wundschuh kommen von HAUSER & KOLLMANN 1954, die bei Wundschuh (Bohrung) eine 16 m mächtige Schichtfolge mit basalen Feinkiesen, Sand und Ton im Hangenden eines andesitischen Basaltes angeben. Durch den kombinierten Einsatz geophysikalischer Methoden konnte MAURITSCH 1975 eine großflächigere Überdeckung des Vulkanitgebietes durch tertiäre Ablagerungen unter den quartären Terrassenbildungen nachweisen; paläomagnetische Daten ergaben eine nachträgliche Verkippung und Rotation des abgekühlten Vulkanites im Bereich des Steinbruches. Eine zusammenfassende Diskussion der Altersfrage und der Platznahme des Shoshonitkörpers bringt FLÜGEL 1975, der den Shoshonit von Weitendorf in die Lagenidenzone des Badenien stellt.

## 3. Zur Mikrofauna der liegenden Sedimente

Bisher war aus dem liegenden Tonmergel im Gegensatz zur reichen Makrofauna (ca. 80 Arten) eine nur spärliche Mikrofauna (2 Arten) bekannt (EBNER & GRÄF

1977). Aufgrund der armen Mikrofauna mit *Ammonia beccarii* wurden zeitweilig schwankende Salinitätsverhältnisse angenommen. Aus einer grobsiltigen Probe des liegenden Tonmergels (Aufsamml. Landesmus. Joanneum), die nach ihrer Ausbildung der Bruchschill-Lage A<sub>2</sub> nach FENNINGER & WASSERMANN 1982 entstammen dürfte, konnte nunmehr folgende Mikrofauna bestimmt werden.

#### Foraminifera:

*Orbulina suturalis* BROENNIMANN, *Globigerinoides quadrilobatus* (d'ORBIGNY), *Globigerinoides trilobatus* REUSS, *Lenticulina inornata* (d'ORBIGNY), *Lenticulina costata* (FICHEL & MOLL), *Heterolepa dutemplei* (d'ORBIGNY), *Cibicides boueanus* (d'ORBIGNY), *Elphidium flexuosum reussi* MARKS, *Elphidium* (*Porosononion*) *granosum* (d'ORBIGNY), *Nonion commune* (d'ORBIGNY), *Ammonia beccarii* (LINNÉ), *Triliculina scapha* d'ORBIGNY, *Quinqueloculina boueana* d'ORBIGNY, *Quinqueloculina* div. spec.

#### Ostracoda:

*Phlyctenophora* aff. *affinis* (SCHNEIDER), *Aurila opaca* (REUSS), *Cytheridea paracuminata paracuminata* KOLLMANN, *Cytheridea paracuminata verrucosa* KOLLMANN, *Haplocytheridea dacica dacica* (HEJJAS), *Cyamocytheridea* spec., *Hermanites* spec.

Nach der Foraminiferenfauna ergibt sich eine biochronostratigraphische Einstufung in die Obere Lagenidenzone des Badenien. Maßgebend für diese Einstufung ist das relativ häufige Auftreten von *Orbulina suturalis*.

Nach STEININGER & BAGDASARJAN 1977: 96 datieren die radiometrischen Alter von Weitendorf „wahrscheinlich den engeren Grenzbereich Karpatien/Badenien“. Sie geben Alter von  $16,8 \pm 0,75$  m. a. (Bruchsohle) und  $16,0 \pm 0,3$  m. a. (Etage) an. Aufbauend auf die Daten von Weitendorf und Gleichenberg/Steiermark, Hrusov/ČSSR sowie Novoselica, Neresnica/UdSSR nehmen VASS et al. 1978: 39 ein radiometrisches Alter des Karpatien/Badenien-Grenze von 16,5 m. a. an. Nach dem globalen Erstauftreten von *Praeorbulina* an der Basis des Langhien-Badenien-Tarchanien mit der erneuten Verbindung Paratethys – Indopazifik wurde die Badenienunterkante auf 16,8 m. a. angehoben (siehe z. B. RÖGL & STEININGER 1983, SENES & STEININGER 1985).

Übereinstimmung mit der Einstufung in die Obere Lagenidenzone ergibt hingegen das radiometrische Alter des Shoshonits von  $15,2 \pm 0,8$  m. a. nach LIPPOLT et al. 1975, da nach BARRON et al. 1985 das Erstauftreten von *Orbulina suturalis* (= Basis der plankt. Foraminiferenzone N 9) ebenfalls mit 15,2 m. a. anzusetzen ist. Die radiometrischen Altersdaten des Weitendorfer Shoshonits können somit nicht für eine Datierung des Karpatien/Badenien-Grenzbereiches in der Paratethys herangezogen werden.

#### 4. Shoshonit/Sedimentkontakt

Bezüglich des unteren Grenzbereiches zum fossilführenden Tonmergel ergaben sich keine neuen Beobachtungen.

Innerhalb des Shoshonits ist in der südlichen Querwand des Bruches knapp in halber Wandhöhe eine 1–2 m mächtige, 25–30 m lange, fossilreiche Tertiärlinse

aufgeschlossen. Fossilinhalt und Sedimentausbildung entsprechen dem liegenden Tonmergel. Bei der Makrofauna, die sich aus Gastropoden und häufig zweiklappigen Lamellibranchiaten zusammensetzt, tritt überwiegend Schalenerhaltung auf; vereinzelt sind noch Sedimentstrukturen wie Bioturbation, Kleinrippel und siltige Flachlinsen erhalten.

Die Tertiärlinse fällt mit deutlicher Harnischbildung und -striemung unter 40–60° nach S-SE ein. Der Shoshonit bildet im Übergang teilweise eine dm-mächtige Zone mit engständiger, dünnplattiger Absonderung aus, die parallel zum Einfallen der Linse verläuft. Besonders im Bereich ihres auskeilenden Endes zeigt die Tertiärlinse zahlreiche interne Deformationsstrukturen (Quetschfalten, Stauchungen); in ihrer Fortsetzung sind größere, bis an die Oberfläche durchgehende Kluft (?Bewegungs-)flächen mit z. T. sekundären Calcitausscheidungen zu beobachten. Es ist anzunehmen, daß die offensichtlich mechanisch eingepreßte Linse noch mit den unterlagernden Sedimenten in Verbindung steht. Deutliche Anzeichen einer thermischen Beeinflussung sind vorhanden. Randlich tritt eine rötlich gefärbte Frittung (cm-Bereich) auf, z. T. sind Vulkanit- und Sedimentmaterial innig vermengt und nach Farbe und Härte nicht klar abgrenzbar. Die intern oliv- bis hellgelblichgrauen Sedimente sind fest und besitzen einen scharfkantigen, muscheligen Bruch. Im Gegensatz zu den geringer verfestigten, dunklen liegenden Tonmergeln lassen sie sich durch H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oder verdünnte HCl nicht zersetzen.

Von der Oberfläche des Shoshonits sind kugelige Absonderungen seit langem bekannt; ihre Genese als Verwitterungs- oder Pillowlavenbildung wurde mehrfach

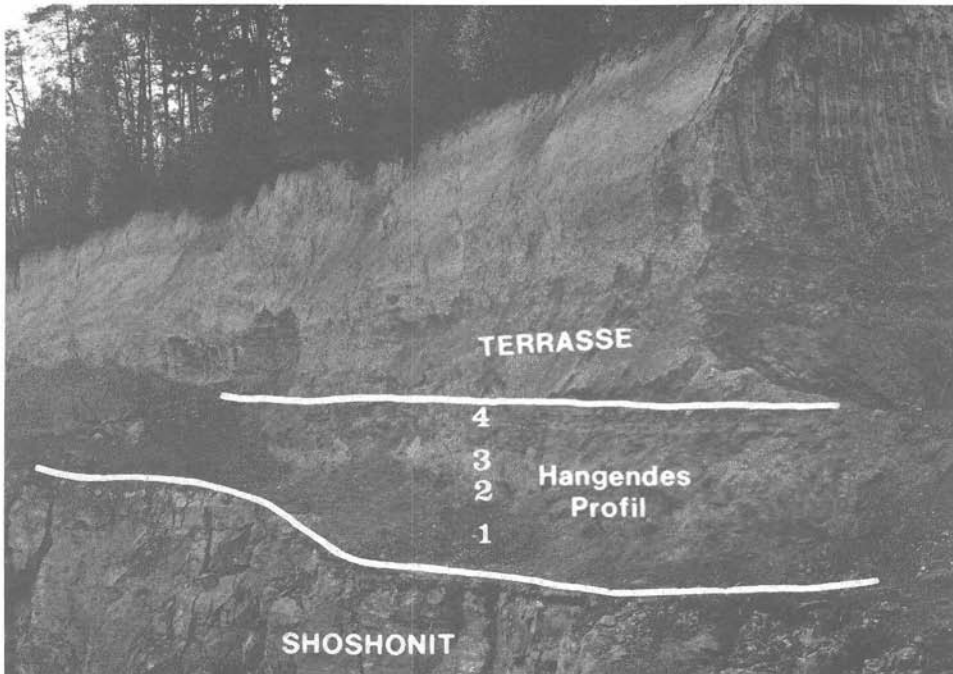


Abb. 2: Teilansicht der hangenden Schichtfolge des Shoshonits von Weitendorf.

diskutiert (z. B. HILBER 1905, MACHATSCHKI 1927, H. HERITSCH 1928, FLÜGEL 1975). Im NE-Eck des Bruches wurden stärker verwitterte, flachelliptische bis kugelige Absonderungen im dm-Bereich angetroffen. In Querschnitten war andeutungsweise die Nachzeichnung der äußeren Form durch Blasen- und Porenzüge zu sehen, sodaß es sich bei den hier aufgeschlossenen Absonderungen um echte Pillows handeln könnte. Sie gehen im Liegenden dicht gedrängt bis undeutlich in den hier blasigen bis teilweise auch schlackigen, chalcedonführenden Shoshonit über, im Hangenden löst sich die 1–2 m mächtige „Pillowzone“ in einzelne z. T. im quartären Sedimentmaterial steckende Absonderungen auf.

Die im Hangenden des Shoshonits auftretenden Tertiärschichten stehen derzeit im S-Abschnitt der östlichen Bruchwand in einer Länge von 70–100 m an (siehe Abb. 2). Teile der Schichtfolge finden sich auch in unregelmäßiger, flächenhafter Verbreitung (ca. 1000 m<sup>2</sup>) in den vom Terrassenschotter befreiten SE' Bruchareal.

Die maximal 3–4 m mächtigen Sedimente füllen eine flache, leicht asymmetrische, muldenförmige Einsenkung an der Oberfläche des Shoshonits, wodurch ihre Mächtigkeit gegen Norden hin zunimmt. An ihrer Nordgrenze stoßen die Sedimente relativ abrupt an den hier wieder steil ansteigenden Shoshonit, der in weiterer Folge wieder direkt vom Terrassenschotter überlagert wird.

Die Vulkanit-/Sedimentgrenze zeigt eine durchwegs scharfe, ebene bis flachwellige Ausbildung. Der frische, massige bis undeutlich säulige Shoshonit geht ohne nennenswerte Verwitterungseinflüsse direkt in die basal feinklastischen, dunkelgrauen Sedimente über. Anzeichen einer mechanischen oder thermischen Beanspruchung der überlagernden Sedimente fehlen. Im Nordteil des Aufschlusses waren an einer Stelle mit z. T. synsedimentär deformierten Bereichen Anzeichen einer postvulkanischen, hydrothermalen Beeinflussung (gelblich-weiße Beläge und Ausblühungen, stark saure, scharfe Reaktion der Tone bei Geschmacksprobe) in etwas höheren Anteilen der Schichtfolge zu beobachten.

## 5. Die hangende tertiäre Schichtfolge

### 5.1. Profilbeschreibung (siehe Abb. 3)

Die feinklastische Schichtfolge läßt intern vier unterschiedliche Schichtglieder erkennen, die durch scharfe, meist flachwellig ausgebildete Grenzen voneinander getrennt sind. Der Übergang des Tertiärs zum hangenden Terrassenschotter zeigt einen annähernd ebenen Grenzverlauf mit vereinzelt Auskolkungen (dm-Bereich) und Aufarbeitungen. Die Mächtigkeit der Terrassenbildung beträgt 10–11 m, davon entfallen 5–5,5 m auf die Staublehne.

Die einzelnen Schichtglieder der tertiären Abfolge sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

Schicht-Nr. 1: 80–120 cm mächtig, folgt unmittelbar über dem Shoshonit, intern unscharfe Dreigliederung:

Nr. 1 A.: 20–30 cm, fester, massiger, etwas feinsiltiger Ton; med. dark grey, splittrig bis muschelig brechend, gegen hangend leichte bioturbate Verwühlung und im mm-Bereich Feinsiltlinsen, glimmerfrei, keine Pflanzenreste.

Nr. 1 B.: 50–70 cm, siltiger Ton bis Feinsilt; olive oder brownish black, dusky blue, z. T. dark greenish grey gefleckt, massig bis //laminiert, geringe bis mäßige Bioturbation, glimmerführend (bis 2 mm), Pflanzenhäcksel.

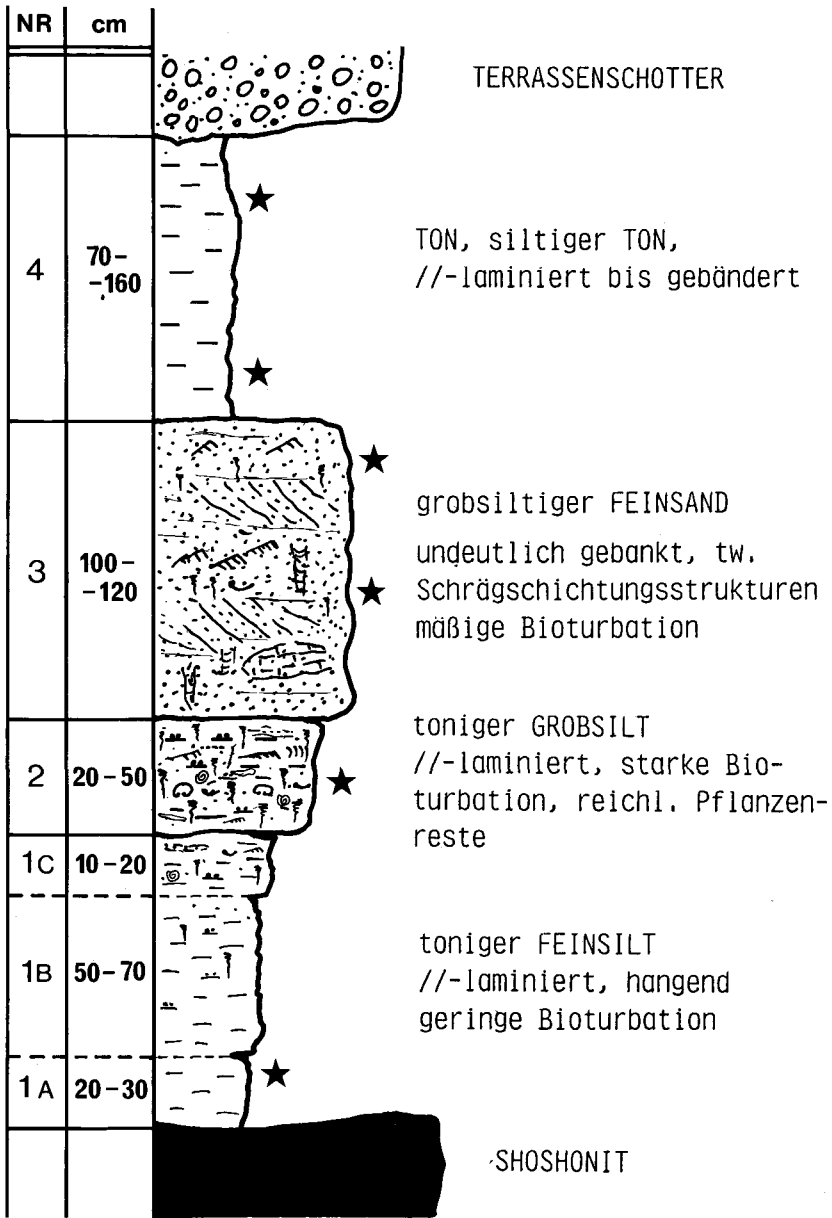


Abb. 3: Detailprofil der hangenden, badenischen Schichtfolge von Weitendorf.

Nr. 1 C.: 10–20 cm, toniger Silt; olive grey bis med. dark grey, //laminiert, vereinzelt feinsandig-gröbsiltige Linsen, glimmerführend, blockig-plattig brechend, stärker verwühlt, linsige bis nestartige Anhäufungen von größerem Pflanzenhäckseln, vereinzelt Molluskenreste.

Schicht-Nr. 2: 20–50 cm, toniger bis feinsandiger Silt; mod. oder pale brown, greyish orange, dunkel gelblich orange, häufig gefleckt mit Farbwechsel im cm-Bereich, //laminiert bis flaserig, teilweise Kleinrippeln, glimmerreich, starke Bioturbation, größere ovale Bohrgänge, teilweise fossilreich, Abdrücke und Schalen von Gastropoden (z. B. *Architectonica* sp., *Athletha* sp., *Conus* sp., *Diloma* sp., *Mitra* sp., *Natica* sp.) und Lamellibranchiaten (z. B. *Cardium* sp., *Congeria* sp., *Pecten* sp., *Pelecycora* sp., *Tellina* sp.); Lamellibranchiaten oft zweiklappig und in Lebensstellung, lokal gehäuftes Auftreten von irregulären Seeigeln (*Brissopsis* sp.), Foraminiferen, Ostracoden, reichlich inkohlte Pflanzenreste (bis 25 cm, Monocotylen-, ?Seegrassreste).

Schicht-Nr. 3: 100–120 cm, Feinsand; light bis med. l. grey, greyish oder dusky yellow, glimmerreich, z. T. karbonatisch zementierte Knollen (max. 90 × 50 cm), undeutliche horizontale Bankung im dm-Bereich, Kleinrippeln, lokal planare Schrägschichtungen (SS = 30/20°) und hummocky-Rippeln, größere Wühlspuren und Grabgänge, vor allem liegend tw. noch reichere Fossilführung, meist dickschaligere Formen, Pflanzenreste selten.

Schicht-Nr. 4: 70–160 cm, Ton/Feinsiltwechselfolge, z. T. reine Tone; light olive grey, greenish oder yellowish grey, //laminiert bis warvenähnlich gebändert (mm-bis cm-Bereich), vereinzelt Kleinstrippel und feinste Gradierungen innerhalb der Einzellagen, tw. syndesmentäre Konvolutschichtung und Intraklasten, Pflanzenreste und Fossilien fehlen.

## 5.2. Detailuntersuchungen

Zur näheren Charakterisierung der Schichtfolge wurden Korngrößenuntersuchungen, SM-Analysen und Diffraktometeraufnahmen durchgeführt.

Für die Korngrößenuntersuchungen wurden 6 Proben der hangenden Schichtfolge verwendet. Die Proben weisen generell eine schlechte bis sehr schlechte Sortierung auf. Die Probe aus Schicht Nr. 1, sie lag ca. 20 cm über dem Shoshonit, ist ein feiner

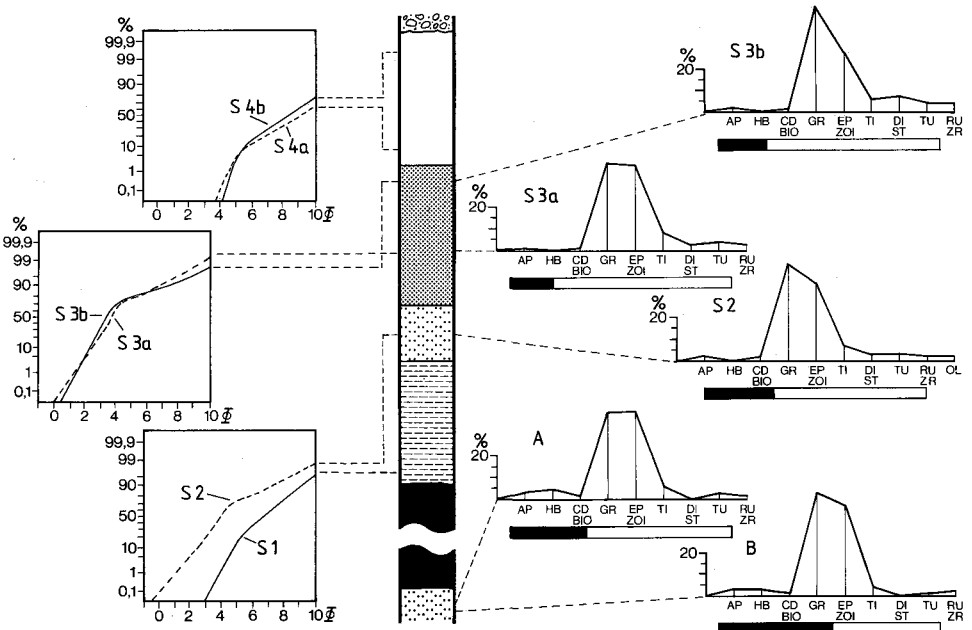


Abb. 4: Ergebnisse der Korngrößen- und SM-Analysen von Weitendorf.



Silt mit positiver Schiefe und weist im Vergleich zu einer Normalverteilung eine flachgipfelige Verteilung auf. Der grobe Silt aus Schicht Nr. 2 besitzt eine stärker positive Schiefe und eine steilgipfelige Verteilung. Die beiden Proben aus Schicht Nr. 3 liegen im Bereich der Grobsilt/Feinsandgrenze, Sie zeigen die höchste positive Schiefe und steilgipfeligste Verteilung. Die beiden Tonproben aus Schicht Nr. 4 sind durch negative Schiefe und flachgipfelige Verteilungen gekennzeichnet. Nach den Kornsummenkurven (Wahrscheinlichkeitsnetz) sind alle Proben aus  $2 \pm$  normalverteilten Subpopulationen zusammengesetzt. Die Darstellung der Summenkurven zeigt Abb. 4, einen Überblick über die Korngrößenmomente (in Phi) bietet Tab. 1.

Tabelle 1:

	D 50% ( $\mu$ )	Sort.	Schiefe	Kurt.
S 4b	2,7	2,11	0,14	2,06
S 4a	1,7	2,06	0,48	2,02
S 3b	64	1,90	1,45	4,59
S 3a	59	1,68	1,57	5,61
S 2	43	1,95	1,03	3,71
S 1	8,3	1,68	0,35	2,23

Für die Schwermineralanalyse wurden die siltig-feinsandigen Proben der Schichten Nr. 2 und 3 verwendet; zum Vergleich mit den unterlagernden Schichten des Shoshonits wurde die zuvor angeführte Mikrofossilprobe des liegenden Tonmergels herangezogen. Die graphische Darstellung der Ergebnisse bildet Abb. 4, die Häufigkeitsprozentage sind in Tabelle 2 angeführt.

Tabelle 2:

	OP	Ap	Hb	Cd Chl Bio	Gr	Zoi Ep	Ti	St	Di	Tu	Ru	Zr	Ol
S 3b	22	2	–	1	49	27	6	2	5	4	2	2	–
S 3a	20	1	–	1	40	39	9	1	2	4	2	1	–
S 2	32	2	–	2	44	35	7	1	2	3	1	1	2
	Shoshonit												
A	35	3	5	2	39	40	6	–	–	3	1	1	–
B	52	3	3	1	46	41	3	–	–	1	1	1	–

A = Fossilprobe, B = Stattegger in FENNINGER & WASSERMANN 1977

Die Schwermineralführung ist im Liegenden und Hangenden des Shoshonits durch ein Granat- und Epidot/Zoisit-Doppelmaximum gekennzeichnet. Differenzen bestehen hinsichtlich des Auftretens von Hornblende im Liegenden, Disthen und Staurolith wurden nur hangend beobachtet. Der Olivin von Schicht-Nr. 2 wird dem unterlagernden Shoshonit zugerechnet. Es ergibt sich also kein größerer

Unterschied in der Schwermineralführung zwischen dem liegenden und hangenden Tertiär des Shoshonits.

Die Tone der Schicht-Nr. 4 zeigen häufig ein feingepunktetes Aussehen, welches durch helle, kugelige bis derbe Aggregate von Gips (Diffraktometeraufnahmen) hervorgerufen wird. Gelegentlich treten auch gut ausgebildete, klare Gipskristalle (mm-Bereich) auf. Tonmineralogisch setzen sich die Proben aus Montmorinmineralen zusammen, daneben kommen Quarz, Glimmer und etwas Feldspat vor.

### 5.3. Faciesentwicklung

Die Untersuchungen der in einer flachen, muldenförmigen Einsenkung des Shoshonits eingebetteten Schichtfolge ergeben eine Sedimentation in einem flachmarinen Ablagerungsmilieu, wobei die Schichtfolge aufgrund der Pflanzenreste durch stärkeren terrestrischen Einfluß gekennzeichnet ist.

Die Bildung der Schicht-Nr. 1 wird auf ein etwas tieferes, niedrigerenergetisches Milieu zurückgeführt. Innerhalb der Schicht ist ein zunehmender Trend (Korngröße, Bioturbation, Pflanzenreste) zu etwas höherenergetischen, strandnäheren Bedingungen angezeigt. Die Schicht-Nr. 2 kann als Übergangszone zum Vorstrand angesehen werden. Dafür sprechen die Korngrößenvergrößerung, Sedimentstrukturen, Pflanzenreste und die starke bioturbate Verwühlung mit lokal gehäuften Auftreten der im Sediment grabenden, irregulären Seeigeln. Bei den häufig in Lebensstellung anzutreffenden Lamellibranchiaten überwiegt eine feinschalige Infauna. Der Feinsand der Schicht Nr. 3 ist eine Bildung des Strandbereiches; dafür sprechen Korngröße, das ausschließlich oxidierende Environment, das Zurücktreten von Pflanzenresten und die auf Strömungs- und Welleneinfluß hinweisenden Sedimentstrukturen, wie z. B. die Hummocky (Beulen-) Rippeln, welche sich bevorzugt im Vorstrandbereich bilden. Die Fossilführung ist im Vergleich zu Schicht-Nr. 2 geringer und beschränkt sich auf, bevorzugt im unteren Schichtabschnitt auftretende, dickschaligere Mollusken (z. B. *Athletha*, *Conus*, *Pelecypora*). Während die Deutung der beiden ersten Schichten mit den Ergebnissen der Korngrößenanalysen im Einklang steht, entsprechen sie bei Schicht-Nr. 3 (schlechte Sortierung, positive Schiefe) nicht einer Deutung als typische, gutsortierte und ausgewaschene Strandsande. Bioturbation und ein dem direkten, offenmarinen Welleneinfluß weitgehend entzogener Strand eines abgeschlosseneren Bucht- oder Lagunenbereichs könnten den Widerspruch erklären. Für eine eingeschränkte Verbindung zum offenmarinen Bereich spricht auch die, im Vergleich zum liegenden Tonmergel des Shoshonits, spärliche Foraminiferenfauna mit *Ammonia* sp., *Elphidium* sp. und *Nonion* sp., in der planktonische Elemente fehlen. Ein weiteres Indiz für eine Strandbildung ist der hohe SM-Anteil der Schicht-Nr. 3 (z. B. S 3b = 4,3 Gew.%; S 2 nur 0,9 Gew.%). Die feingeschichteten Tone der Schicht-Nr. 4 werden als Bildung eines flachen, nur zeitweilig dem marinen Einfluß ausgesetzten Strandsees bzw. Gezeitentümpels gedeutet.

Es zeichnet sich also in der Gesamtfolge ein größtenteils kontinuierlicher Übergang vom flachmarinen Milieu bis in den supralitoral Strandbereich innerhalb eines landnahen Bucht- oder Lagunengebietes ab.

## 6. Diskussion und Schlußfolgerungen

Der Shoshonit von Weitendorf, der in die Obere Lagenidenzone des Badenien einzustufen ist, wurde anschließend von einer flachmarinen Schichtfolge überlagert. Fehlende Verwitterungseinflüsse zwischen Shoshonit und den auflagernden neogenen Sedimenten und die ähnlichen SM-Spektren liegend und hangend des Shoshonits sprechen für seine baldige submarine Sedimentüberdeckung. Faciell vollzieht sich innerhalb eines flachmarinen Ablagerungsraumes eine Änderung von den offeneren Sedimenten im Liegenden zu einem abgeschlosseneren Bucht- oder Lagunenbereich im Hangenden. Ob diese Faciesveränderung auf einen generellen Trend der Beckenentwicklung zurückzuführen ist, oder auf einer durch den Vulkanitkörper vorgegebenen Lokalmorphologie beruht, bleibt aufgrund fehlender Vergleichsaufschlüsse unklar.

Entgegen der Ansicht einer späteren Platznahme des Shoshonits im erkalteten Zustand (FLÜGEL 1975, FLÜGEL et al. 1952, MAURITSCH 1975) ist eine aktive, primäre Platznahme denkbar. Für die Interpretation als nachträglich verfrachteter Gleitkörper wurden paläomagnetische Dislokationen und die mechanisch ausgebildete Untergrenze mit geringer bis fehlender thermischer Beeinflussung des unterlagernden Tonmergels als Argumente angeführt.

Die paläomagnetische Dislokation des Shoshonits von Weitendorf, sie beträgt nach MAURITSCH 1975 etwa  $40^\circ$  bei der Deklination und  $30^\circ$  bei der Inklinaton, ist kein auf eine postvulkanische Verstellung hinweisender Sonderfall. Nach POHL & SOFFEL 1982 weichen die Pollagen der miozänen und pliozänen Vulkanite der Oststeiermark deutlich von den zu erwartenden Positionen ab; ihre Inklinatonen sind zu steil.

Harnisch- und Scherflächen mit gelegentlichen Einschuppungen wie sie im unterlagernden Tonmergel auftreten, entstehen auch durch die Belastung und den Strömungsdruck eines sich aktiv bewegenden Lavastromes; die von älteren Autoren angeführten, steilgestellten Schichten am Südrand des Vulkanits sind durch das Zusammenstauchen der unverfestigten Sedimente an der Stirn des Lavastromes (Bulldozereffekt) erklärbar.

Die im Shoshonit aufgefundene Tertiärlinse welche eine größere Einschuppung des liegenden Tonmergels bildet, zeigt mit ihrer deutlichen thermischen Beeinflussung (randliche Frittung) an, daß der Shoshonitkörper zum Zeitpunkt seiner Platznahme im Innern nicht oder nur teilweise abgekühlt war. Da der Steinbruch Weitendorf unmittelbar am Südrand des Vulkanitgebietes liegt, kann in seinem Bereich eine randlich stärkere Abkühlung der verstoßenden basaltischen Lava vorausgesetzt werden. A. HAUSER in FLÜGEL et al. 1952: 181 nahm nach Erhitzungsversuchen des liegenden Tonmergels für den Kontakt mit dem angrenzenden Shoshonit eine Temperatur von wenigen hundert Grad an.

Die sekundäre Platznahme des Shoshonits erfordert weiters eine Erklärung der auslösenden Ursache für die spätere Verfrachtung. Als Ursachen wurden entweder spätere Lavanachstöße (FLÜGEL et al. 1952, FLÜGEL 1975) oder Erosion der Unterlage (MAURITSCH 1975) angegeben. Da frei ausströmende basaltische Lava sich den Weg des geringsten Widerstandes sucht bzw. ältere Lavabildungen überströmt, ist eine Dislokation der erkalteten Shoshonitmasse nur unmittelbar im Bereich eines reakti-

vierten Schlot es möglich, der in Weitendorf jedoch fehlt. Die Vorstellung von MAURITSCH 1975: 22 mit einem 30° geneigten Aufdringen des Shoshonits, Erstarren und anschließender erosiver Freilegung der gesamten Scholle bis zum Abbrechen im Stielbereich und der daraus resultierenden Verstellung ist zu mechanistisch. Sie wird auch durch die Paläomagnetik (siehe POHL & SOFFEL 1982) nicht mehr gestützt. Die direkte Überlagerung der flachmarinen Sedimente widerlegt eine etwaige subaerische Erosion.

Zusammenfassend ist aufgrund der in der Diskussion angeführten Beobachtungen und Argumente einer primären Platznahme des Shoshonits der Vorzug zu geben. Auf einen freien submarinen Ausfluß deuten zwar lokal auftretende Pillowphänomene hin, weiter verbreitete Anzeichen eines direkten Lava/Wasserkontaktes (Schlacken, Hyaloklastite, etc.) sind derzeit nicht beobachtbar. Auch die von WINKLER-HERMADEN 1939 abgebildeten linsenförmigen Tertiäreinschuppungen in den hangendsten Shoshonitanteilen stimmen nicht mit einem freien submarinen Erguß überein, sodaß insgesamt ein großteils sillartiges Eindringen des Shoshonitkörpers innerhalb der unverfestigten Sedimente im Nahbereich der Sediment/Wassergrenze dem bisherigen Kenntnisstand am besten entspricht.

### Dank

Die vorliegende Arbeit wurde durch Mittel des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung im Rahmen des Projektes Nr. P 6051E – Beckenanalyse Steirisches Tertiär (Leitung Univ.-Prof. Dr. H. L. HOLZER) unterstützt. Die Diffraktometeraufnahmen führte Dr. B. MOSER, Abt. f. Mineralogie, Landesmus. Joanneum durch, für die Korngrößenanalysen konnten Einrichtungen des Inst. f. Techn. Geologie, Petrologie und Mineralogie, TU Graz, verwendet werden.

### Literatur

- ANKER, M.: Bemerkungen über die Vulkane in der Steiermark. – Boué, *Journal de Géologie*, Paris 1830.
- BARRON, J. A., KELLER, G. & DUNN, D. D.: A multiple microfossil biochronology for the Miocene. – [In:] KENNET, J. B. [Ed.]: *The Miocene Ocean. – Paleooceanography and biogeography*, Mem. geol. Soc. America, 163, 21–36, Boulder 1985.
- DREGER, J.: Alter des Weitendorfer Basaltes. – *Verh. geol. R.-A.*, 8, S. 218, Wien 1902.
- EBNER, F. & GRÄF, W.: Die Fauna von Weitendorf. – *Jber. Landesmus. Joanneum Graz*, 1976, N. F. 6, 157–183, Graz 1977.
- FENNINGER, F. & WASSERMANN, W.: Clavagellen (Lamellibranchiata) aus den Tonmergeln von Weitendorf (Baden). – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 112, 49–58, Graz 1982.
- FLÜGEL, H. W.: Das Alter des Shoshonites von Weitendorf, Steiermark. – *Mitt.-Bl. Abt. Mineral. Landesmus. Joanneum*, 42, 23–24, Graz 1975.
- FLÜGEL, H., HAUSER, A. & PAPP, A.: Neue Beobachtungen am Basaltvorkommen von Weitendorf bei Graz. – *Sitz.-Ber. Österr. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., Abt. I*, 161, 173–184, Wien 1952.
- HAUSER, A. & KOLLMANN, K.: Ein Andesitvorkommen in Wundschuh bei Graz. – *Mitt. natwiss. Ver. Steiermark*, 84, 67–70, Graz, 1954.
- HERITSCH, F.: *Geologie von Steiermark*. – *Mitt. Natwiss. Ver. Stmk.*, 57/B, 1–224, Graz 1921.
- HERITSCH, H.: Die Entstehung des Basaltes von Weitendorf bei Graz. – *Centralbl. Min. etc.*, A, 1928 (12), 421–428, Stuttgart 1928.
- HERITSCH, H.: Exkursionen zum Basaltbruch von Waltendorf; mit einem Beitrag von H. HÖLLER. – *Mitt. natwiss. Ver. Stmk.*, 93, 199–205, Graz 1963.

- HÜBL, H. H.: Ein tertiärer Kalkeinschluß aus dem Weitendorfer Basalt (Steiermark). – Zentralbl. Min. etc., A, 1941 (11), 217–223, Stuttgart 1941.
- LEITMEIER, H.: Calcitkristalle in einem marmorisierten Kalkeinschluß des Basaltes von Weitendorf. – Zentralbl. Min. etc., A, 1908, 157–160, Stuttgart 1908.
- LEITMEIER, H.: Der Basalt von Weitendorf und die Mineralien seiner Hohlräume. – N. Jb. Min. etc., B. B. 27, 219–259, Stuttgart 1909.
- LIPPOLT, H. J., BARANYI, K. & TODT, W.: Das Kalium-Argon-Alter des Basaltes vom Lavant-Tal in Kärnten. – Der Aufschluß, 26 (6), 238–242, Heidelberg 1975.
- MACHATSCHKI, F.: Über den Basalt von Weitendorf (Steiermark), seine exogenen Einschüsse und Kluffüllungen. – Zentralbl. Min. etc., A, 1927, 367–374, 413–422, Stuttgart 1927.
- MORLOT, A.: Erläuterungen zur geologischen Übersichtskarte der nordöstlichen Alpen. – 208 S., Wien 1847.
- MAURITSCH, H.: Geophysikalische Untersuchungen an den Vulkaniten im Raum Weitendorf-Wundschuh Steiermark. – Mitt.-Bl. Abt. Mineral. Landesmus. Joanneum, 42, 13–22, Graz 1975.
- POHL, J. & SOFFEL, H.: Paleomagnetism of tertiary Volcanics of Styria (Austria). – Geol. Jb., D 52, 127–147, Hannover 1982.
- PÖSCHL, M., SUETTE, G. & UNTERSWEIG, TH.: Erfassung und Darstellung des Naturraumpotentials komplexer Landschaftsformen – Erstellung von Naturraumpotentialkarten für den Verwaltungsbezirk Leibnitz. – Unver. Endbericht, 170 S., 30 Abb., 29 Tab., 15 Beil., Graz 1982.
- RÖGL, F. & STEININGER, F. F.: Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys. Die neogene Paläogeographie und Palinspastik des Zirkummediterranen Raumes. – Ann. naturhist. Mus. Wien, 85/A, S. 135–163, Wien 1983.
- SEDGWICK, A. & MURCHISON, I. R.: A sketch of the structure of the Eastern Alps, with sections through the newer formations on the northern flanks of the chain, and through the tertiary deposits of Styria. – Transact. geol. Soc. London, (2) 3, 301–402, London 1831.
- SENES, J. & STEININGER, F. F.: Mediterranean Tethys and Paratethys Neogene Stages and their current correlations. – [In:] STEININGER, F. F., SENES, J., KLEEMANN, K. & RÖGL, F. [Eds]: Neogene of the Mediterranean Tethys and Paratethys. Stratigraphic correlations tables and sediment distribution maps. – S. 1–10, Verl. Paläont. Inst. Univ. Wien, Wien 1985.
- SIGMUND, A.: Die Basalte der Steiermark, 4 u. 5. – Tscherm. miner. petr. Mitt., 17 (6), 526–543, Wien 1897.
- SIGMUND, A.: Halbopal, Natrolith und Heulandit im Basalt von Weitendorf (Steiermark). – Zentralbl. Min. etc., A, 1922, 289–292, Stuttgart 1922.
- SIGMUND A.: Neue Mineralfunde in der Steiermark, XI. Bericht. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 60, 7–11, Graz 1924.
- SIGMUND, A.: Zweiter Beitrag zur Kenntnis des Basalts bei Weitendorf (Steiermark) und der Minerale in seinen Hohlräumen. – Mitt. natwiss. Ver. Stmk., 62, 158–168, Graz 1926.
- STEININGER, F. F. & BAGDASARJAN, G. P.: Neue radiometrische Alter mittelmiozäner Vulkanite der Steiermark (Österreich), ihre biostratigraphische Korrelation und ihre mögliche Stellung innerhalb der paläomagnetischen Zeitskala. – Verh. geol. B.-A., 1977, 85–99, Wien 1977.
- VASS, D., BAGDASARJAN, G. P. & STEININGER, F. F.: The Badenian radiometric ages. – [In:] Chronostratigraphie und Neostatotypen, 6, Badenien, 35–45, Slowak. Akad. Wiss., Bratislava 1978.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Geologischer Führer durch das Tertiär- und Vulkanland des Steirischen Beckens. – Samml. geol. Führer, 36, 1–209, 3. Taf., 27 Fig., Borntraeger, Berlin 1939.

