



Bauxit auf der Widschwenter Alm bei Kufstein (Tirol)

OSKAR SCHULZ & WERNER HEISSEL 1*)

12 Abbildungen und 1 Tabelle

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 90

Tirol
Nördliche Kalkalpen
Gosau
Bauxit
Genese

Inhalt

Zusammenfassung	53
Abstract	53
1. Problemstellung	54
2. Geologische Position	54
3. Gosau-Erosionsrelikt mit Bauxit	56
4. Bauxit – Mineralogische und petrographische Kennzeichnung	57
5. Geochemische Daten	59
6. Die hangende Schichtfolge	61
7. Geologisch-stratigraphische Neuergebnisse	61
8. Zur Genese des Bauxits von Widschwent	62
Literatur	62

Zusammenfassung

Auf der Widschwenter Alm, 5 km südlich von Kufstein, lagert ein kleines Bauxitvorkommen in ca. 890–920 m ü.d.M. in der Basisabfolge der Gosau-Schichten, die hier auf Hauptdolomit transgredieren. Es handelt sich um eine ungeschichtete, höchstens 2 m mächtige Schwarte von rötlichem dichtem Böhmit-Bauxit, die als Erosionsrest kleinflächig auf einem wenige Meter mächtigen, ungeschichteten weißgrauen biodetritischen Kalkstein erhalten ist. Dieser stellt, neben aufgearbeitetem ruditisch-arenitischem Hauptdolomit, eine unregelmäßige Basisschicht der oberkretazischen Transgressionsserie dar. Dem Bauxit kommt nur geologisches und mineralogisches Interesse zu. Der Mineralbestand umfaßt Böhmit, Hämatit, Lepidokrokit, Goethit, Rutil, Pyrit, Quarz, teilweise Calcit, Dolomit, etwas Chlorit, Tonminerale, karbonifizierte Phytodetritus, Spuren von Kaolinit, akzessorisch Zirkon, Titanit, Turmalin, Magnetit und Mn-Minerale. Die transgredierenden Gesteine waren bisher als Tertiär zu den Häringer Schichten eingereiht worden. Es handelt sich aber um obere Kreide, Santon. Der Bauxit ist eine Neuentdeckung.

Bauxite on the Widschwenter Alm near Kufstein (Tyrol)

Abstract

On the Widschwenter Alm, 5 km south of Kufstein, a small bauxite deposit was deposited at approx. 890–920 m above sea level in the base of the Gosau Strata sequence, that transgressed the Hauptdolomit. The concern is about an unstratified, at most 2 m thick mass of a red, dense boehmite-bauxite layer which as a fairly flat erosion surface preserves an even smaller mass of unstratified greyish white biodetrital Limestone. At this point beside a reworked ruditic-arenitic Hauptdolomit, lies an irregular stratum of the upper Cretaceous transgression series. This bauxite forms the basis of our geological and mineralogical interest. The mineralogy comprises boehmite, haematite, lepidocrocite, goethite, rutile, pyrite, quartz, partly calcite and dolomite, some chlorite, clay minerals, carbonised phyto-detritus, traces of kaolinite, accessories include zircon, zitanite, tourmaline magnetite and Mn-Minerals. The transgressed rocks were up until the Häringer Schichten classed as Tertiary. The concern lies with the Upper Cretaceous, Santon. The bauxite is a new covering.

*) Anschrift der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. OSKAR SCHULZ: Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Innsbruck, Bruno-Sander-Haus, Innrain 52, A-6020 Innsbruck; em. Univ.-Prof. Dr. WERNER HEISSEL verstarb am 19. 1. 1994 vor Fertigstellung des Manuskriptes.

1. Problemstellung

Ein von Werner HEISSEL in den frühen Achtzigerjahren neu entdecktes Bauxitvorkommen in Tirol liegt auf der Widschwenter Alm NNE des Kleinen Pölfen am Südrand des Eiberger Oberkreide-Bekens bzw. der Häringer Tertiärmulde (Abb. 1, 2). Wir wollen in diesem Zusammenhang auch die von bisherigen Auffassungen abweichende, nunmehr revidierte, geologisch-stratigraphische Zugehörigkeit der auf Triasgesteinen transgredierenden Sedimente erklären und insbesondere den neuen Bauxitfund stratigraphisch, petrographisch und mineralogisch beschreiben. Ein Vergleich mit dem Bauxit-Vorkommen in den Brandenberger Gosau-Schichten bietet sich an.

2. Geologische Position

Das Eiberger Gosaubecken (SCHLAGINTWEIT, 1854; GÜMBEL, 1861; SCHLOSSER, 1904, 1909; HAHN, 1913; LEUCHS, 1907, 1912, 1925; AMPFERER, 1921, 1922, 1925, 1933; BRINKMANN, 1934; OEXLE, 1978; HAMID, 1976) mit der heutigen Restflächenausdehnung von etwa 7 km² zwischen Wöhr, Rußland, Egerbach, Geißbach, Eiberg, Neuschwent, Kaiserwerk (bei Steinerner Stiege), Matzing, Himberg, Bichl, Schwoich, Moosheim, Blafeld, beinhaltet eine z.T. noch mit über 200 m Mächtigkeit erhaltene, auf gefalteten Trias- und Juragesteinen transgredierende Sedimentabfolge (Abb. 3). Diese nur in den Basisschichten variable Schichtfolge wurde nachgosauisch ebenfalls gefaltet. Sie besteht in transgredierenden Teilbereichen teilweise aus polymikten Breccien und Sandsteinen, über weite Flächen aber aus Mg- und Si-reichem sandigem Mergel. Für das weite Mer-

Abb. 1.
Die Lage des Bauxitvorkommens bei der Widschwenter Alm (Grundrißskizze).
Die beiden Geraden zeigen den Verlauf der geologischen Profile.

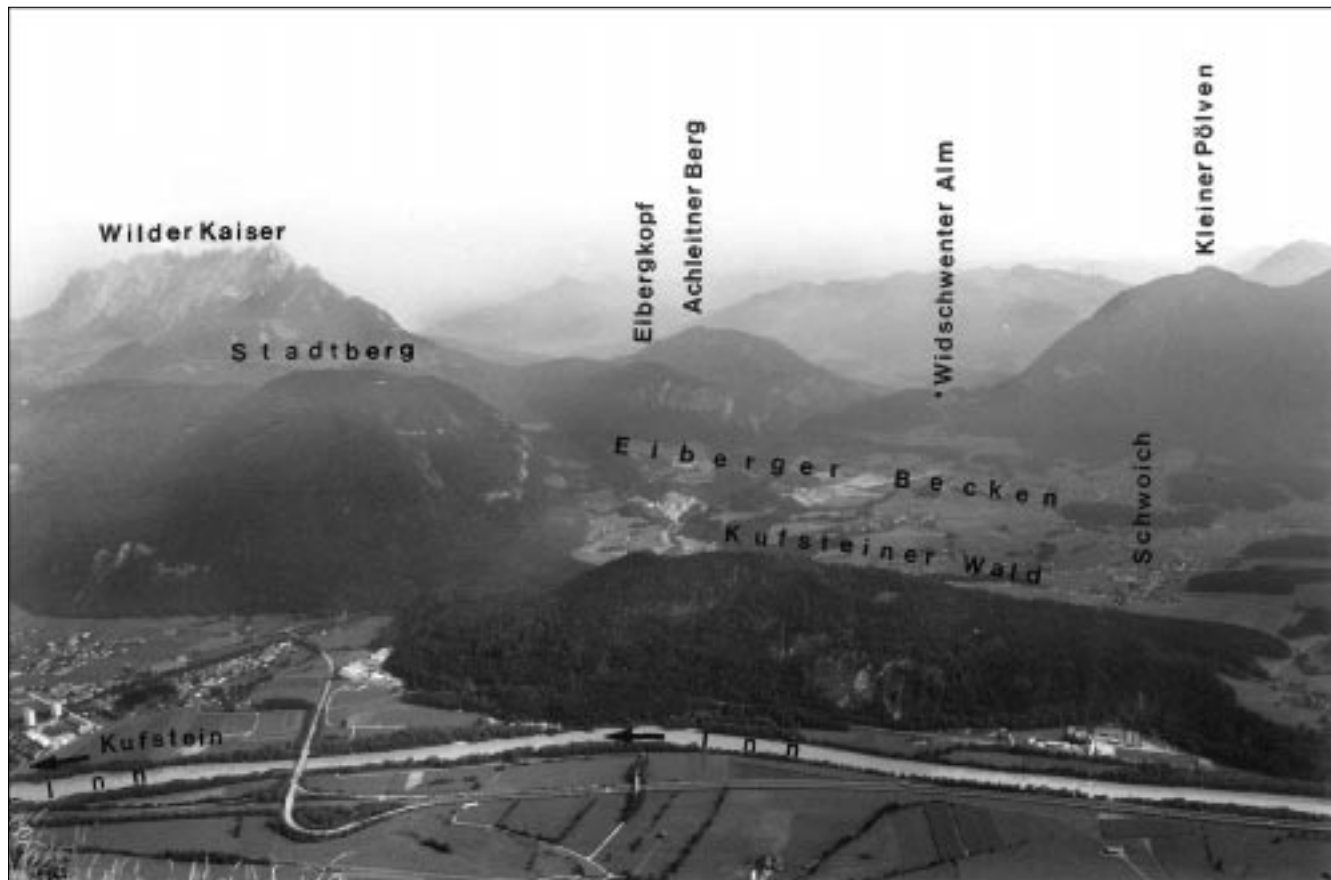
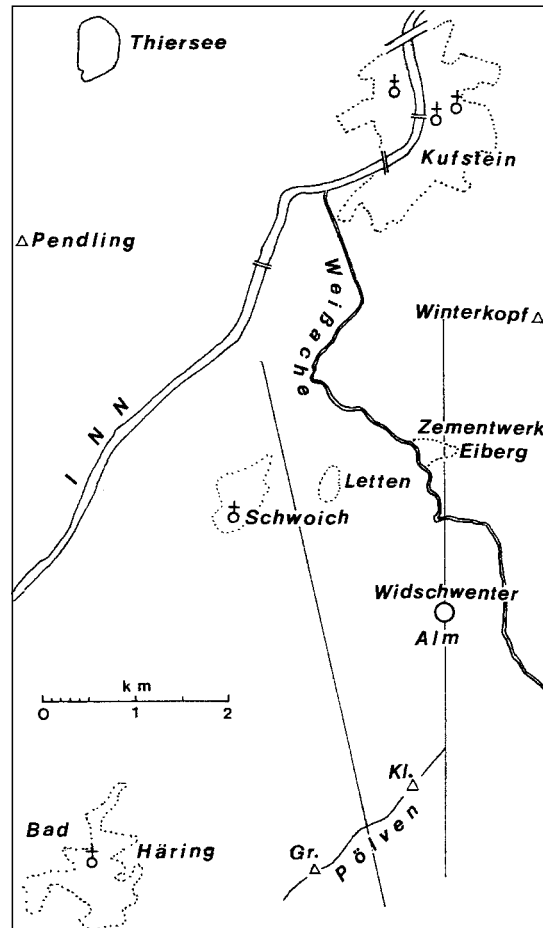


Abb. 2.
Das Eiberger Gosau-Becken im Rahmen triassischer Sedimentgesteine südwestlich von Kufstein (Blickrichtung ESE).

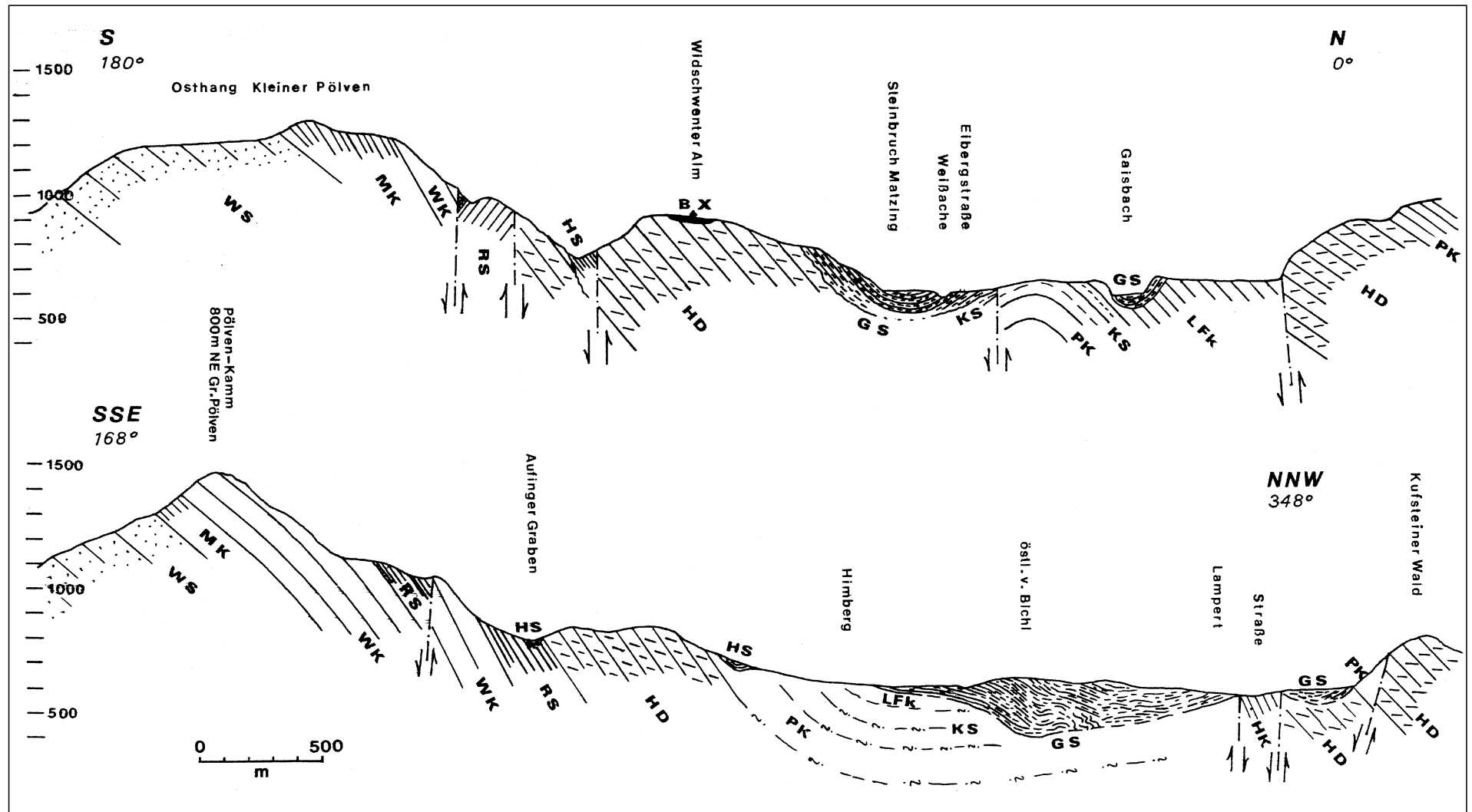


Abb. 3.

Geologische Profile S-N (180-0°) und SSE-NNW (168-348°) durch das Eiberger Gosau-Becken mit dem Rahmen der triassischen Gesteine im Süden und Norden sowie dem Untergrund. (Schichten z.T. schräg zum Streichen geschnitten, dadurch Verzerrung der Schichtmächtigkeit)

WS = Alpiner Buntsandstein, Werfener Schichten; MK = Reichenhaller Schichten, Alpiner Muschelkalk; WK = Wettersteinkalk; RS = Raibler Schichten; HD = Hauptdolomit; PK = Plattenkalk; KS = Kössener Schichten; LFK = Lias-Fleckenkalk und -Hornsteinkalk; HK = Hornsteinkalk; GS = Gosau-Schichten; BX = Bauxit; HS = Häringer Schichten.

gelbecken ist darüber eine unterschiedlich mehrere Meter mächtige rote Mergelbank als basisnahe Leitschicht kennzeichnend, die schließlich zu der mit zum Teil über 200 m Mächtigkeit erhaltenen grauen Mergelserie (Mergelkalk, Mergel, „Zementmergel“) überleitet.

Seltenerer Varianten der Transgressionsedimente stellen grauweiße, ungeschichtete Kalksteine und biodetritische Kalkarenite dar. Sie sind im tieferen NW-Gehänge des Eibergkopfes auf Plattenkalk und an wenigen Stellen am Südrand der Gosaumulde entwickelt. Dementsprechend stehen sie auch im Bereich des neu erkannten Gosauvorkommens beiläufig 600 m Luftlinie südlich des heutigen Randes des Eiberger Beckens auf der Widschwenter Alm an (Abb. 3).

Die nun zu erörternde Lokalität Widschwenter Alm liegt also isoliert, außerhalb der bis jetzt allgemein bekannt gewesenen Gosau-Schichten, und auch mit der Höhe 900–920 m ü.d.M., etwa 210–230 m (Höhenunterschied) über der generellen Beckensüdgrenze. Die Profildarstellung zeigt allerdings geologisch-tektonisch ein durchaus verständliches Bild: nämlich das Gosauvorkommen Widschwent in der Südfortsetzung der heute von N nach S räumlich ansteigenden Transgressionsfläche auf Hauptdolomit.

Das großtektonische Bild des Eiberger Beckens ist das einer SSE–NNW-Einengung mit i.a. leichter Faltung der kretazischen Serie samt seiner schon vorgosauisch verformten Trias-Jura-Unterlage, wobei allerdings auch regional Überkipplungen zu inverser Lagerung, klufttektonische Fragmentierung in Schollen und lokale Überschiebungen zustandekamen. Die Widschwenter Alm liegt mit ihrem Gosaurest auf einem Teilstück des Hauptdolomit-Rückens Hinterstein – Eibergkopf – Widschwent – Aufing, der von dort nach W zu nach Habring – Sperlmühle (NNW Häring) untertaucht (SCHULZ & FUCHS, 1991). Dieser etwa 700 m mächtige, mittelsteil nach NNW einfallende Hauptdolomit ist Bestand der triadisch-liassischen Schichtabfolge. Sie beginnt über altpaläozoischen Phylliten und Schiefen mit dem Permoskyth und setzt sich mit anisichen und ladinischen Karbonatgesteinen auf der Pölfen-Südseite, vor allem mit ladinisch-karnischem Wettersteinkalk (200–400 m mächtig) auf der Pölfen-Kammregion und -Nordflanke fort. Die stratigraphisch anschließenden, aber tektonisch modifizierten Raibler Schichten sind über Tage weitgehend erodiert bzw. von Tertiär und Vegetation überdeckt. Wir konnten sie aber von Osterdorf und der „Fleckrinne“ bei Häring nach W entlang am Pölfen-Nordabhang und am Wandfuß mit Unterbrechungen bis zur Peppenau-Rinne, zum Teil mit tektonischen Wiederholungen nachweisen. Ihre stratigraphische Mächtigkeit dürfte nach Konstruktion um 200–240 m betragen. Sichergestellt sind Schiefertone, Sandstein, Mergel, Dolomit- und Kalkstein der Raibler Serie. Wir erwähnen bei dieser Gelegenheit, daß analog dem Befund im früheren Braunkohlenbergbau um Häring nach der Konstruktion von SCHULZ & FUCHS (1991, S. 170, Profil Abb. 28) zwischen Häring und Peppenau die Raibler Abfolge durch vertikalen Verwurf (im Sinne einer Aufschiebung) in doppelter Folge, allerdings tektonisch modifiziert vorliegt. Die neuen Erkenntnisse über Tage, erhärtet durch Tiefbohrergebnisse, sprechen mit weitgehender Sicherheit für die Zugehörigkeit der in einem Teilbereich an der Pölfen-N-Flanke lagernden Dolomitgesteine und Kalk-Dolomitgesteine zu den Raibler Schichten. Das im WSW–ENE-Verlauf auf 1.300 m verfolgbare, seit langem bekannte Dolomitgestein war bisher allgemein für Wettersteindolomit gehalten worden (AMPFERER, 1925, 1933; OEXLE, 1978).

Bisher scheinen in der Literatur Bemerkungen über die Raibler Schichten in der weiteren Umgebung bei PIRKL (1961) aus dem Gebiet von Kundl, u.zw. mit 150 m Mächtigkeit auf; worüber sich OEXLE (1978, S. 31) wundert, weil diese Schichtfolge „raummäßig gar nicht mehr unterzubringen“ sei. Auch die von OEXLE zur tektonischen Erklärung mehrfach erdachten Rücküberschiebungen, z.B. für die Abschnitte Weißache – Peppenau und für den „Osterndorfer Finger“ (Unterstein) bei Häring, können wir nicht befürworten. Unmittelbar NE von Häring sind die Raibler Schichten seit langer Zeit im Bereich Unterstein von HEISSEL (1951, 1956) kartiert und weiter nach Osten in die Fleckmulde nachgewiesen worden (nicht publiziert). OEXLE nimmt davon zwar Notiz, hält aber den aus Wettersteinkalk bestehenden Felssporn östlich von Osterndorf für den S-einfallenden Faltenflügel einer lokalen Synklinale („Rücküberschiebung“). Eine andere, nämlich klufttektonische, Darstellung bieten SCHULZ & FUCHS (1991, S. 169, 170, Abb. 28).

Die vorgosauische Transgressionsfläche besteht im Eiberger Becken mit unterschiedlichem Anteil, meist durch Tiefbohrungen nachgewiesen, aus Hauptdolomit, Plattenkalk, Kössener Schichten und Lias-Fleckenkalk, -Kiesel- und Hornsteinkalk sowie Oberjura-Hornsteinkalk.

3. Gosau-Erosionsrelikt mit Bauxit

Das relikte Gosauvorkommen der Widschwenter Alm transgrediert hier diskordant auf Hauptdolomit. Vorherrschend ist der endogen-brecciöse Dolomittyp in Form einer typischen Deformationsbreccie, aber auch bituminöser laminiertes Dolomit gehört in die Abfolge. An der Erosionsfläche erscheint der Dolomit verbreitet, aber nicht überall, mechanisch zerfallen und bildet so eine geringmächtige Übergangszone mit einer feinklastischen sedimentären Breccie oder einem Konglomerat mit schlecht gerundeten Komponenten. Diese stellen Transgressions-sedimente dar und sind somit bereits den Gosau-Schichten zuzurechnen. Durch das Ineinandergreifen dieser beiden Breccientypen – Deformationsbreccie und sedimentäre Breccie – ist für die Identifizierung einige Aufmerksamkeit und die Kenntnis der Gefügemerkmale erforderlich.

Die Dolomitabfolge streut im Streichen von E–W bis NE–SW und fällt mittelsteil bis steil nach N bis NW ein. Die geringmächtige Auflage mit Gosau-Sedimenten zeigt bei der Widschwenter Alm keine verlässliche s-Lage. Auf der Dolomitbasis norischen Alters liegt unmittelbar ein etwa 1–4 m mächtiger, vom Hauptdolomit deutlich unterscheidbarer, meist weißgrauer, zum geringen Teil auch dunkelgrauer Kalkstein, der zweifellos der transgredierenden Serie angehört. Der Kalkstein nimmt am N-Gehänge des Widschwenter Köpfls (unmittelbar südlich der Alm) eine Fläche von mehreren 100 m², schätzungsweise um 700 m² ein. Soweit er oberflächlich frei liegt, erscheint er verkarstet.

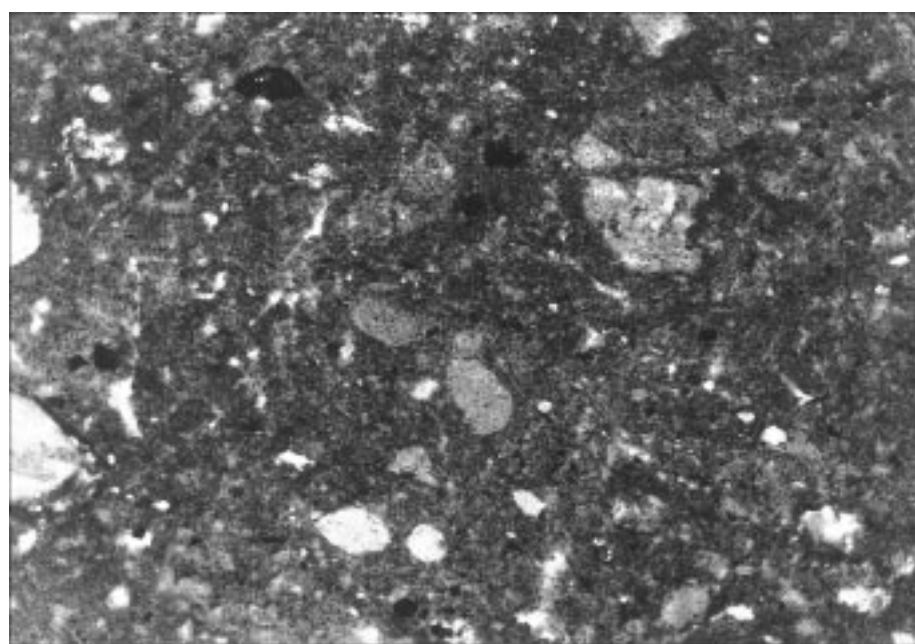
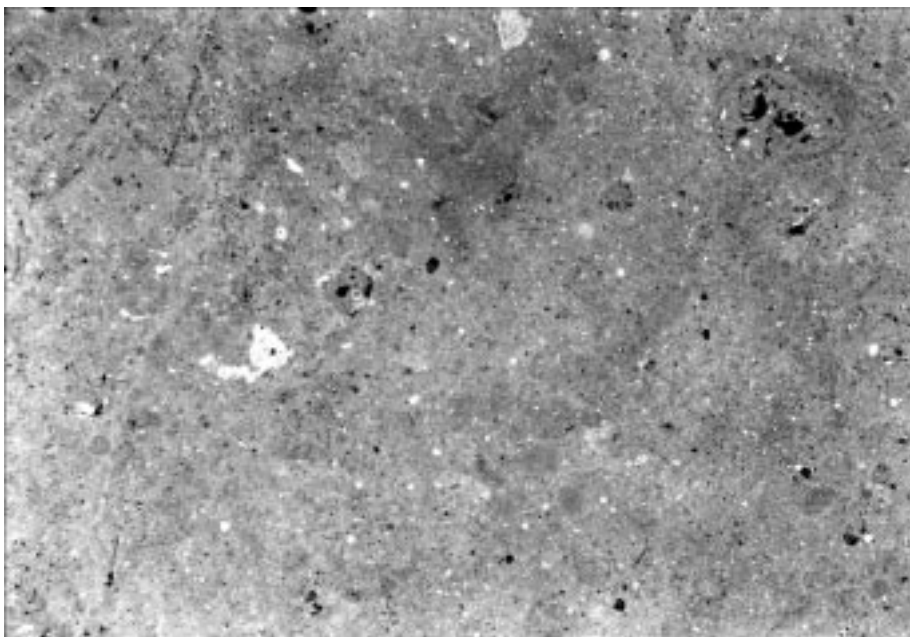
Das bei freisichtiger Betrachtung teils dichte, teils arenitische Gestein besteht dementsprechend zum Teil nur aus Kalklüt mit feinspätigem Pflastergefüge (0,01–0,04 mm) und Grobspätinestern (Korngröße 0,3–0,6 mm), zum weiteren Teil aus bioarenitischem Kalk. Laminare Korngrößenunterschiede sind gelegentlich unter dem Mikroskop angedeutet und wecken den Verdacht auf eine Mikroschichtung. Rupturelle Deformation mit grobspätiger Fugenverheilung ist häufig.

In dem aufschlußbaren Gebiet sind fleckenweise rosa- bis blaßrote Farbvarietäten dieser Kalksteintypen auffallend, wozu auch gelegentlich zarte rote Fugenfüllungen und Pigmentwolken kommen.

Die mikroskopische Betrachtung weist das rote Pigment als Bauxitschlamm, gemischt mit einem dünnen Filz von Tonmineralen aus, dazu sind akzessorisch Hämatit, Limonitminerale, Quarzkörnchen, Rutil und Zirkon zu erkennen. Auch eine breccios aufgelöste Partie des Bioarenits ist mit solchem Schlamm erfüllt. Das rote Pigment tritt auch im zementierenden spätigen Calcit auf, teilweise das stationäre Wachstum der Calcitkristalle hervorhebend.

Es wird angenommen, daß diese schwach Bauxit-führenden zartroten Kalke ursprünglich von dem Bauxitlager überdeckt waren. Stellenweise ist diese Vermutung ja im Aufschluß bestätigt.

Auf zwei Mindestflächen von etwa 10 m² und 15 m² steht über dem Kalkstein noch eine Bauxitschwarte mit Mächtigkeiten zwischen Dezimetern und 1–2 m an.



4. Bauxit – Mineralogische und petrographische Kennzeichnung

Nach äußeren Kennzeichen handelt es sich um ein kräftig schmutzig-rotes bis dunkelrotes, schichtungsloses, dichtes Bauxitgestein. Es zerfällt im Aufschluß stückig mit meist ebenen glatten Flächen. Auf den Hammerschlag zerspringt das spröde Allitgestein auch nach muscheligen Bruchflächen. In manchen Stücken sind mm- bis cm-große helle, aber auch dunklere Flecken erkennbar. Auch gelblichweiße, flächig statistisch ausgerichtete Linsen mit bis zu einigen Zentimetern Länge und wenigen Millimetern Dünne sind gelegentlich entwickelt.

Die Röntgendiffraktometeraufnahme weist auf *Böhmit-Bauxit*. Diese γ -AlOOH-Modifikation (der Diasporgruppe) ist im Ostalpenraum der typische Vertreter der Bauxitgesteine. So auch im benachbarten 19–20 km entfernten Gosaubecken von Brandenburg (SCHULZ, 1960; SCHULZ & FUCHS, 1991), und so auch in der einzigen österreichischen Bauxitlagerstätte Unterlaussa (W Altenmarkt in O.Ö., Grenze Steiermark) (RUTTNER & WOLETZ, 1957; RUTTNER, 1970; SCHROLL, 1976). Von den beiden genetischen Tonerdehydrat-Gesteinsvarianten „Silikatbauxit“ und „Kalkbauxit“ (W. & W.E. PETRASCHECK, 1950; SCHNEIDERHÖHN, 1962), die in der Folge sinnvoller als „Lateritbauxit“ und „Karstbauxit“ bezeichnet wurden

Abb. 4.
Roter Bauxit im Auflicht.
Die hell reflektierenden Mikrolithe, vorwiegend aus Lepidokrokit, Hämatit und Rutil bestehend, bilden zusammen mit submikroskopischem Hämatit das rot färbende Pigment des Bauxits.
Polierter Anschliff, Bildausschnitt 0,93 × 0,66 mm. 1 Nicol.

Abb. 5.
Roter Bauxit im Durchlicht.
Dunkle Bereiche stärker, helle Bereiche weniger mit Fe-Mineralen pigmentiert. Sedimentierte knöllchenförmige Komponenten verschiedener mineralischer Zusammensetzung.
Bildausschnitt 1,44 × 0,94 mm. 1 Nicol.

Abb. 6.
Weißer Bauxit lagig im roten Bauxit (dunkel).
Opake Komponenten schwarz. Ausbruch im Dünnschliff weiß.
1 Nicol. Bildausschnitt 3,26 × 2,21 mm.

(SCHROLL & SAUER, 1964; PETRASCHECK & POHL, 1982), handelt es sich naturgemäß um den zweitgenannten Faziestyp.

Die optischen Untersuchungen im Durchlicht und Auflicht geben im Milieu des feinstkörnig-pelitischen bis kryptokristallinen Sedimentes eine Reihe von Details im Mineralbestand und Gefüge zu erkennen. Hauptkomponente ist nach dem Diffraktogramm das Bauxitmineral *Böhmit*. Nach der optischen Beurteilung dürften kryptokristalline bis submikroskopische Kornfraktionen vorherrschen (Abb. 4). Vermutlich liegt in den formlosen Massen auch noch die Gelform des Aluminiumhydroxids als *Alumogel* vor. Doch sind oft auch kleine knöllchen- und klumpenförmige Aggregate (z.B. 0,05–0,6 mm) feststellbar (Abb. 5). Die rote Farbe im Durchlicht bzw. die entsprechenden Innenreflexe am polierten Anschliff im Auflicht werden von homogen verteiltem Pigment aus *Hämatit*, *Lepidokrokit*, *Goethit* und *Rutil* verursacht. Hauptverursacher aber scheint ein nur röntgenographisch nachweisbares submikroskopisches *Hämatit*-Pigment zu sein. Die Korngröße der hier mikroskopisch identifizierbaren Komponenten liegt zwischen weit unter 1 µm und etwa 0,02 mm. Bisweilen weisen würfelige Kriställchen von Limonitvertretern auf Pseudomorphosen nach *Pyrit*, der unverwittert seltener nachweisbar ist. Körner und kleine Aggregate von Hämatit und Lepidokrokit, oft auch in Klumpenform angereichert, verursachen die freisichtig wahrnehmbaren dunkleren Flecken im roten Bauxit (Abb. 6, 7). Entsprechend sind auch Knöllchen mit wenig, bzw. ohne Fe-Mineralpigment wenig gefärbt, erscheinen mit rosa gefleckten und grauweißen Innenreflexen und verursachen dementsprechend helle Flecken im Bauxit. Auch die etwa linsenförmigen, makroskopisch hellen Areale bestehen offensichtlich aus pigmentfreiem, u.d.M. strukturlosem, bzw. knöllchenförmigem weißem Bauxit (Abb. 6, 8). Das Mikrogefüge erweckt den Eindruck, daß die aus Böhmit, Hämatit und Limonit bestehenden Knöllchen sowie auch die hellen und weißen Partikelchen ein Resediment eines synsedimentären Vorgängerstadiums darstellen (Abb. 9). Primäre, schichtende Ursachen aber dürften den ange deuteten Feinlagenbau verursacht haben, der in den Abb. 10 und 11 durch helle Fe-freie und -arme, bzw. Fe-reiche Lagen zur Geltung kommt.

Abb. 7.
Roter Bauxit mit Hämatit-Aggregat (schwarz und dunkelgrau) im rot pigmentierten Bauxit.
Bei + Nicols erscheinen die nicht und wenig Fe-pigmentierten Komponenten weiß und hellgrau, hingegen die Fe-reichen Bauxitmassen mit roten Innenreflexen (im Bild grau).
Polierter Anschliff, Bildausschnitt 0,93 × 0,66 mm.



Als Akzessorien sind also vor allem *Rutil* (bis 0,015 mm), *Hämatit* sowie die Limonitminerale *Lepidokrokit*, *Goethit* und etwas *Pyrit* vertreten. Daneben sind Zirkon (um 0,014 × 0,004 mm), selten Turmalin, *Titanit*, Spuren von *Magnetit* und *Mn-Mineralen*, aber: viele *Quarz*-Splitter (etwa bis 0,15 mm Größe) identifizierbar. Davon sind *Rutil*, *Zirkon* und *Turmalin* typische Vertreter der allothigenen Schwerminerale. Auch der *Quarz* ist eingeschwemmter Detritus. *Hämatit* ist authigen gebildet. Die Eisenhydroxide sind teils auf authigenen verwitterten *Pyrit* zurückzuführen,

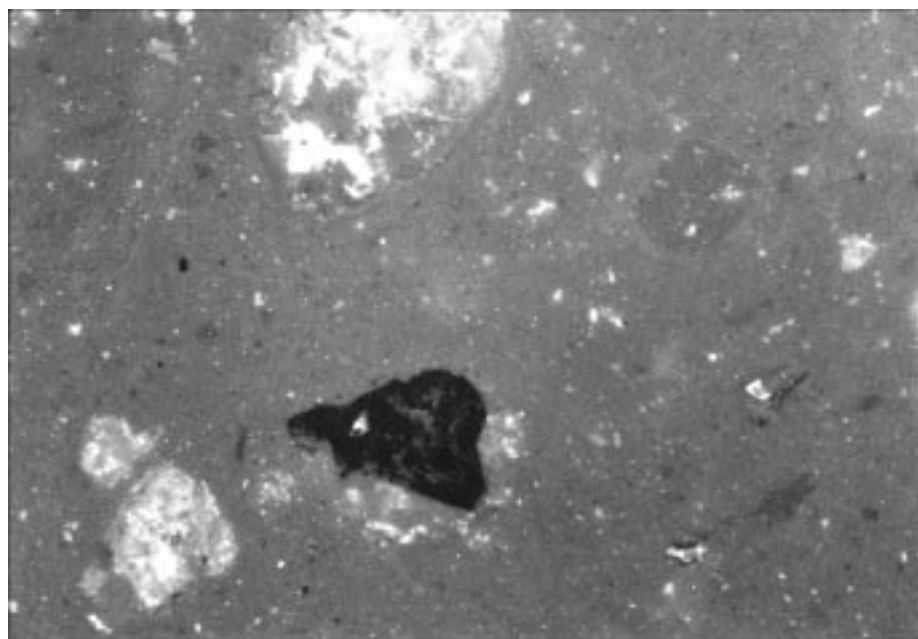


Abb. 8.
Übergang vom rot pigmentierten (im Bild grau) zum nicht pigmentierten Bauxit (grauweiß) im polierten Anschliff bei + Nicols.
Bildausschnitt 3,73 × 2,65 mm.

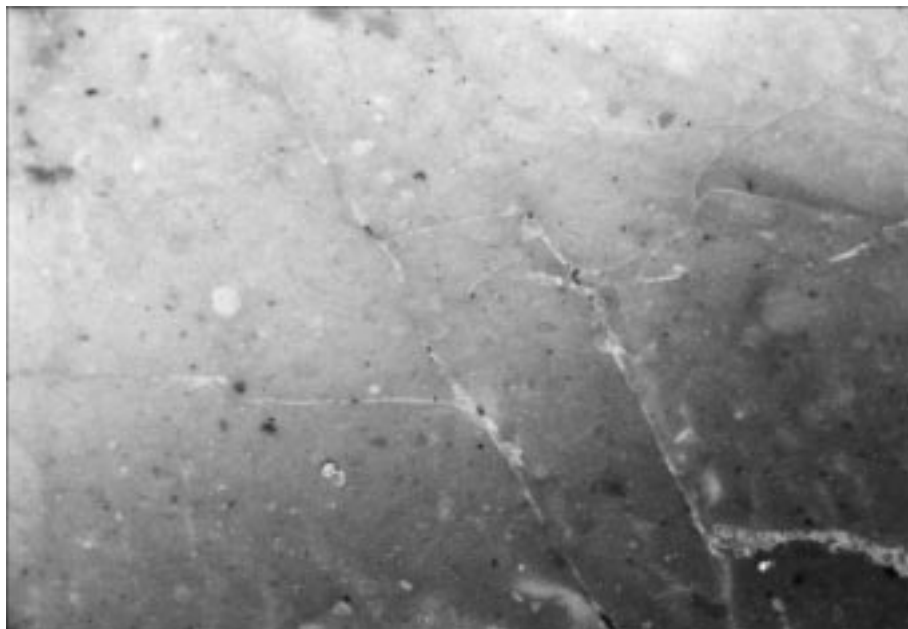
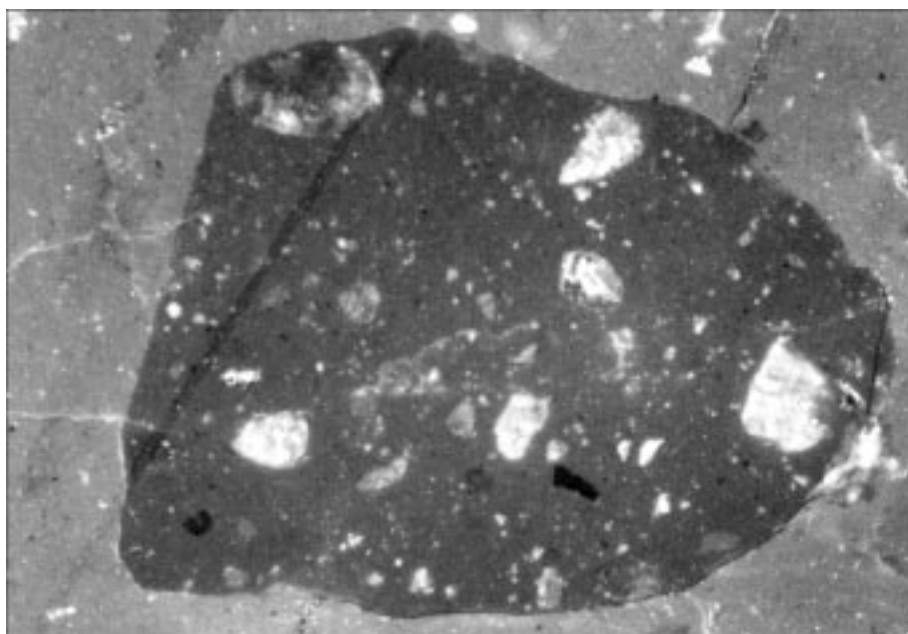


Abb. 9.
Bauxit in Bauxit: Resedimentierte, bereits polymikt zusammengesetzte Bauxitkomponente mit Hämatit, Lepidokrokit, Goethit und Rutil im helleren, weniger pigmentierten Bauxit.
Polierter Anschliff.
x Nicols. Bildausschnitt 3,73 × 2,65 mm.



dürften aber teils auch allothigener Herkunft sein und allenfalls durch Pyritverwitterung entstanden sein. *Calcit* und *Dolomit* wurden vor allem als Fugenkristallisate festgestellt (vgl. Abb. 12).

Nicht so selten ist im polierten Anschliff u.d.M. *karbonifizierter Phytodetritus* mit schwacher Anisotropie zu finden: Isometrische und heterometrische Partikel, so auch gewundene Blättchen, haben Längen um 0,025 mm. In suturförmiger Anordnung sowie auch in kleinen Aggregaten erscheint stellenweise ein dünner *Sericit*-Filz mit Aggregatpolarisation. Es könnte sein, daß derartige Suturen die Schichtung markieren. Das Bauxitgestein ist makroskopisch, überwiegend aber auch mikroskopisch als richtungslos-isotrop zu bezeichnen. Anzeichen inhomogen-feinschichtigen Sedimentaufbaues zeigen zum Beispiel die Abbildungen 6, 10, 11.

5. Geochemische Daten

Dank dem Entgegenkommen des Vorstandes des Geotechnischen Institutes im Bundesforschungs- und Prüfzentrum BFPZ Arsenal, Wien, Herrn Hofrat Mag. DDR. Diets SAUER, wurden einige Bauxitproben von Frau Dr. Katalyn AUGUSTIN-GYURITS analysiert, wofür wir unseren Dank aussprechen. Für kritische Ratschläge und Diskussion danken wir Herrn Hofrat Univ.-Prof. Dr. Erich SCHROLL.

Die Phasenbestimmung durch Röntgendiffraktometrie weist Böhmit-Bauxit aus, dessen Verunreinigung bzw.

Pigmentierung durch Hämatit, Chlorit und Spuren von Kaolinit, möglicherweise auch von Magnetit entsteht. Die optisch identifizierten Eisenhydroxyde und Rutil zeichnen sich demnach nicht ab. Bei uns von anderem Bauxitmaterial dieses Vorkommens durchgeführte Diffraktometernahmen zeigen noch Calcit, Dolomit, Fe-Dolomit und Quarz sowie unsicher Mg-Chamosit an.

Die im BFPZ-Arsenal durch Röntgenfluoreszenzanalyse ermittelten Werte zeigen einen für Bauxit mit rund 55 % niederen, an der Bauwürdigkeitsgrenze liegenden Al_2O_3 -Gehalt, hingegen einen hohen Fe-Gehalt um 24–27 % an. Die SiO_2 -Werte um 4,25–5 % liegen im Bereich der für kalkalpine Bauxite üblichen Werte.

Wegen fehlender Bauwürdigkeit erübrigt sich eine technische Qualitätsbeurteilung. Aber wissenschaftliche Vergleiche von Bauxittypen sind statthaft. Hier bietet sich der nur 19–20 km (Luftlinie) entfernte, ebenfalls als Erosionsrest auf Hauptdolomit erhaltene Böhmit-Bauxit von Brandenberg (Haidach, Prama) (SCHULZ, 1960; SCHULZ & FUCHS, 1991; SCHROLL & SAUER, 1964, 1968) an, der mit

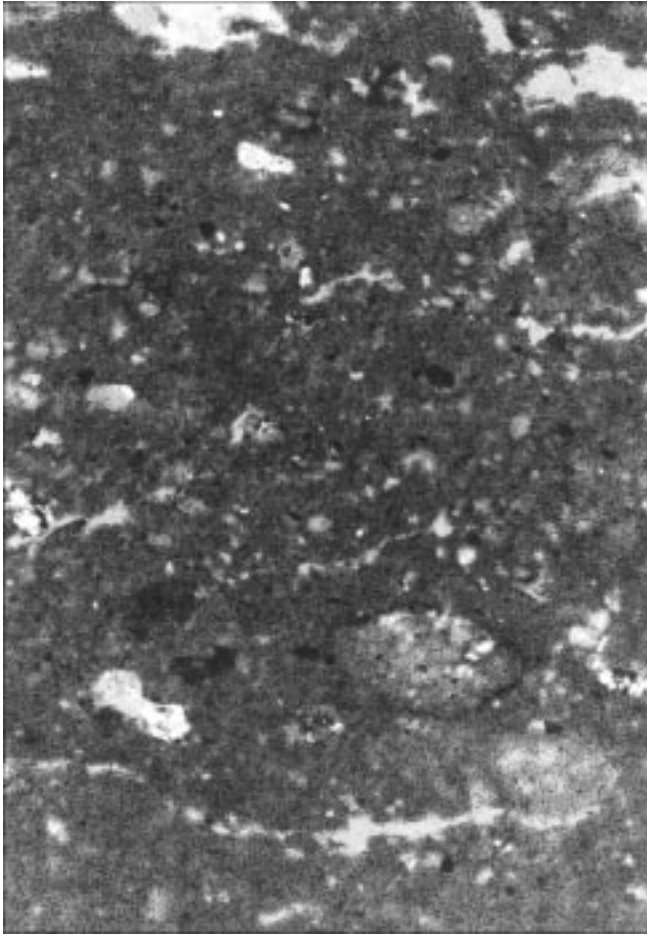


Abb. 10.
Gelegentlich kommt im roten Bauxit bei mikroskopischer Vergrößerung ein Feinlagenbau durch helle, reine Bauxitzwischenlagen zur Geltung. Dünnschliff mit Durchlicht.
1 Nicol. Bildausschnitt 1,44 × 0,94 mm.

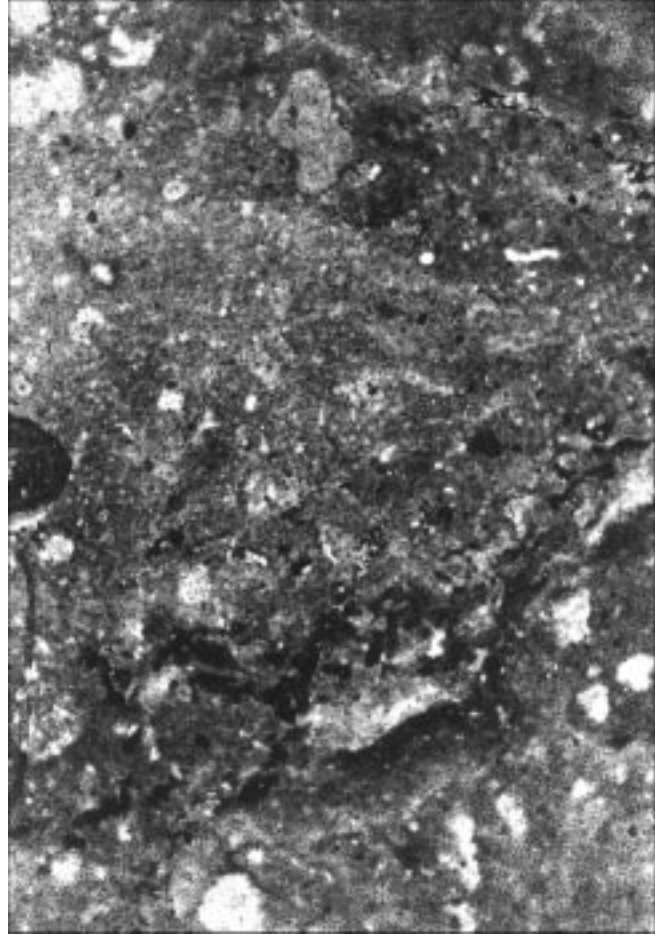


Abb. 11.
Weniger und mehr Fe-pigmentierte Bauxitlagen und stellenweise feine Zwischenschaltungen von Hämatit und Lepidokrokit (schwarz) vermitteln u.d.M. gelegentlich den Eindruck von Lamination, in diesem Dünnschliffbild allerdings mit einer nicht-parallelen Feinschichtfolge. Durchlicht.
1 Nicol. Bildausschnitt 1,44 × 0,94 mm.

den Analysenwerten sehr gut vergleichbar ist, was übrigens auch nach Tab.1 für den Vergleich mit anderen Analysen aus dem Geotechnischen Institut des BFPZ Wien zu trifft. Vor allem lieferten SCHROLL & SAUER für die genetische Klassifizierung von Bauxit-Faziestypen entscheidende Grundlagen. Demnach unterscheiden sich die autochthonen Laterit-(Silikat-)Bauxite auf Grund einiger unterschiedlicher Spurengehalte und des Fe signifikant von den Karst-(Kalk-)Bauxiten.

Die von Frau Dr. AUGUSTIN-GYURITS freundlicherweise ermittelten Analysendaten berechtigen, dar-

auf Bezug zu nehmen und einen Vergleich zu ziehen. Von den Indikatorelementen sind, abgesehen vom für Karstbauxite typischen hohen Fe-Gehalt, die (leider nicht vollständig vorliegenden) Spurengehalte von Cr, Ni, Co, Ga, V,

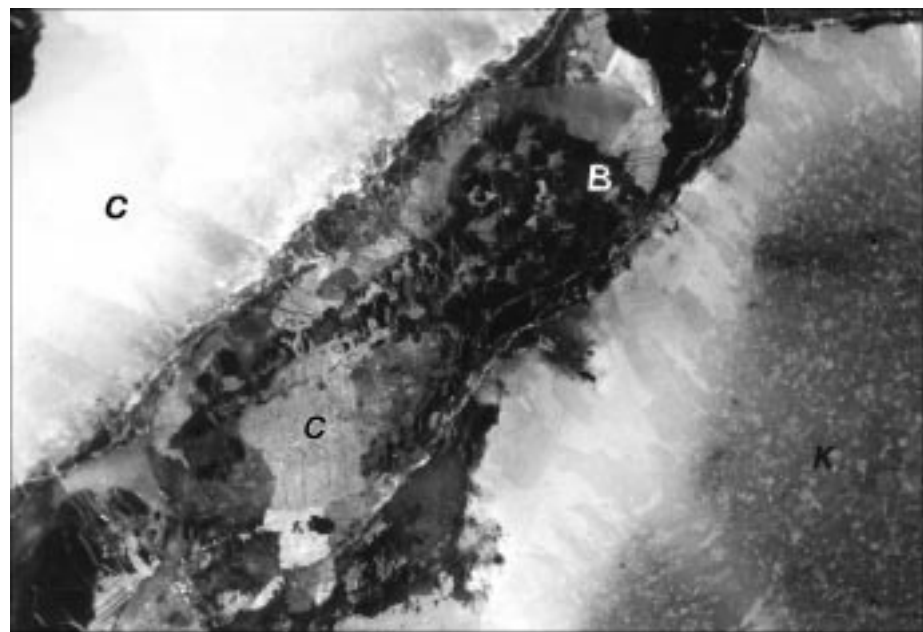


Abb. 12.
Schwach Bauxit-pigmentierter feinkristalliner Gosau-Kalkstein (rechts, K) im Liegenden des Bauxitlagers rupturrell beschädigt und mit mechanisch eingeschwemmtem Bauxit (dunkelgrau, B) und späti-gem Calcitkristallinat (C) in zwei Deformations- und zwei Kristallisationsphasen zementiert.
Schwache Zerschering der gesamten Fugenfüllung.
Auflicht, polierter Anschliff, + Nicols.
Bildausschnitt 0,93 × 0,66 mm.

Tabelle 1.

Haupt- und Spurenelemente im Bauxit der Widschwenter Alm im Vergleich zu Bauxit von Brandenberg (Tirol), Untersberg (Salzburg) und zu Mittelwerten österreichischer Karstbauxite.

Nach SCHROLL & SAUER (1964).

		Widschw. A. (n=3)	Brandenberg (n=6)	Untersberg (n=2)	Karstbauxite (n=119)
Al	[%]	29,29	29,7	30,0	—
Fe	[%]	17,39	12,6	17,0	11,4
Si	[%]	2,22	3,3	1,6	—
Ti	[%]	1,25	2,0	2,3	—
Co	[ppm]	95	60	50	44
Cr	[ppm]	632	610	720	687
Ga	[ppm]	54	48	64	53
Nb	[ppm]	54	64	130	92
Ni	[ppm]	249	255	515	316
V	[ppm]	687	157	130	222
Y	[ppm]	103	94	230	126
Zr	[ppm]	520	490	305	574
Pb	[ppm]	99	—	—	—

Zr, Nb von Interesse. Als typisch nieder können die Werte an Zr, Nb, Ga, hingegen als für Karstbauxite entsprechend hoch die Gehalte für Ni, Co, Cr und V bezeichnet werden, jeweils im Vergleich zu den von SCHROLL & SAUER (1964, 1968) bekanntgegebenen Mittelwerten. Demnach bringt der für Karstbauxite kennzeichnend höhere Fe- und Ti-Gehalt auch einen relativ höheren Spurengehalt der Ferridengruppe Ni, Co, Cr, V mit sich. Die in Tabelle 1 angeführten Spurenelemente im Bauxit der Widschwenter Alm liegen im Rahmen der von Karstbauxiten bekannten Werte.

Bezugnehmend auf SCHROLLS (1976) Charakterisierung des Sedimentationsmilieus unter Nutzung aussagekräftiger Spurenelemente läßt sich auch für unsere Oberkreide-Region die Entwicklung der Meerestransgression im Ablagerungsraum mit den petrologischen und geologischen Gegebenheiten vergleichen und sind Erkenntnisse daraus ableitbar.

6. Die hangende Schichtfolge

Eine Überlagerung des Bauxits mit jüngerem Sediment ist hier nicht mehr erhalten. Aber auf die ursprüngliche weitere Abfolge der Gosau-Schichten kann aus benachbarten Geländeaufschlüssen geschlossen werden. Der stratigraphische Anschluß wird durch den Fossilschuttkalk erleichtert, der bei der Widschwenter Alm unter dem Bauxit lagert. Dieser ist nach W zu mit Unterbrechungen verfolgbar. Dieses Gestein steht ca. 250 m SW der Alm am SE-Rand einer Almwiese an und überlagert dort ebenfalls den Hauptdolomit. Im weiteren ist dieses sehr helle, dunkel gesprenkelte Kalkgestein auf der N-Seite des Widschwenter Rückens in 800 m NW-Entfernung, u.zw. 300 m S und 250 m SW von Vordermatzing aufgeschlossen. Dort lagert derselbe Fossilschuttkalk mit wenigen Metern Mächtigkeit ebenfalls auf Hauptdolomit bzw. auf einem aus Hauptdolomitkomponenten bestehenden Transgressionskonglomerat. Der bioklastische Kalkarenit wird dort nach N zu überlagert von bläulich-grünrauem bis dunkelgrauem, quarzsandigem, dolomitischem Mergel. Dieser Mergeltyp, dort (laut Bohrergebnis) mit 20 m relativ mächtig, stellt eine regional im Eiberger Becken verbreitete Leitschicht in der Basisabfolge dar. Darüber folgt mit 9 m eine für das Gebiet ebenfalls überdurchschnittlich mächtige weitere stratigraphische Leitschicht: ein roter, etwas Si-, Al-, und Fe-reicherer, schwach dolomitischer Mergel, aus dem sich in das Hangende zu eine bis etwa 200 m mächtige Mergelserie,

u.zw. grüngrauer bis hellgrauer Mergelkalk, der typische „Zementmergel“, und sodann ein kalkärmerer, tonreicherer Mergel im landferneren Abschnitt des Eiberger Oberkreidebeckens entwickelt. Mit der von HAMID (1976) gegebenen, auf Mikrofossilien aufgebauten Alterseinstufung und Beschreibung der Eiberger Gosau-Schichten sowie mit seinen tektonischen Vorstellungen können wir uns zum Teil nicht einverstanden erklären. Wir wollen auf diese Unstimmigkeiten im Eiberger Becken aber nicht eingehen, weil dies unser Thema weit überschreiten würde.

7. Geologisch-stratigraphische Neuergebnisse

Gegenüber den bisherigen veröffentlichten geologischen Kartierungen ergeben sich aus unserer Sicht Verbesserungen. So besteht nach der erwähnten Schichtfolge am S-Rand des Eiberger Beckens kein Zweifel, daß der vorhin beschriebene, nur eben hier entwickelte, oberflächlich verkarstete bioklastische Kalkarenit zu den Gosau-Schichten gehört, und nicht wie bisher von AMPFERER (1925, 1933) kartiert, zum Alttertiär in Form von Häringer Schichten. Die Feststellung gilt für die jungen diskordanten Auflagerungen am N-Abhang des Hauptdolomit-Höhenrückens Widschwenter Alm – Aufach und für ein Dolomit-Transgressionskonglomerat am Ostabhang des Rückens. Wir vermerken allerdings, daß auch OEXLE (1978, S. 33, 34) schon eine diesbezügliche Bemerkung geäußert hat. Diese neue Alterseinstufung auf Grund der geologischen Aufschlüsse findet eine wichtige und exakte Bestätigung durch die paläontologisch-sedimentologische Beurteilung von Ass.-Prof. Doz. Dr. Werner RESCH (Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck). Wir danken Herrn Kollegen RESCH für die ermittelten mikropaläontologischen Fakten, die hier auszugsweise mitgeteilt werden.

Nach RESCHS Untersuchungen bestehen diese hellen, fein- bis grobarenitischen Fossilschuttkalke weitgehend aus bruchstückartigem Detritus. Nur kleinwüchsige *Foraminiferen* und *Echinodermen*-Skelettelemente bilden Ausnahmen. Im einzelnen wurden nachgewiesene *Rotalgen* (*Corallinaceen*) als Detritus, Kleinforaminiferen, u.zw. agglutinierende Formen wie *Tolypammininae* und *Textulariidae*; weiters Milioliden (*Quinqueloculina*) und rotaliide Formen (*Globotruncana*?). An Mollusken sind identifiziert *Inoceramen* und häufig Reste von *Rudisten* (*Hippuritiden* und *Radiolitiden*, deren Aussagekraft ja besonders wichtig ist) und weitere nicht zuordenbare Bivalvenreste. Weiters sind nachgewiesene *Ostrakoden*-Einzelklappen, *Bryozoen*-Reste und punctate *Brachiopoden*-Schalen sowie Echinodermen-Skelettelemente, darunter *Echiniden*-Stacheln (*Cidariden*).

Zusammenfassend kommt RESCH zur Auffassung, daß auf Grund des nicht an Lithoklaste gebundenen Fossildetritus ein marines Sediment mit einem Materialbezug aus flacherem Wasser vorliegt, wobei aber das – wenn auch seltene – Auftreten von Milioliden und demgegenüber das Vorkommen eines *Inoceramen*restes ein Problem darstellen. Wegen fehlender Kornsortierung und überhaupt fehlender Schichtung ist keine Materialverfrachtung in größere Wassertiefen anzunehmen. Schließlich ist diese Fossilschutt-Kalkbank als Gosau-Seichtwassersediment einzustufen. Da der Biodetritus nicht an Lithoklaste gebunden ist, kann es sich nicht um tertiärzeitliche aufgearbeitete Kreide handeln.

8. Zur Genese des Bauxits von Widschwent

Nach der neueren, aber bereits auf HABERFELLNER (1951) zurückgehenden, von BARDOSSY (1961) und BUSHINSKY (1964) ausgebauten Hypothese werden zwei genetische Hauptgruppen von Bauxit unterschieden: der authigene Lateritbauxit und der allothigene Karstbauxit. Von unserem bescheidenen Bauxitvorkommen aus läßt sich die für den Faziestyp Karstbauxit geltende genetische Erklärung, die von RUTTNER (1970, 1985, 1987) bekräftigt und ausgebaut wurde, sinngemäß bestätigen. Das Vorkommen Widschwenter Alm liegt im Rahmen der Basisserie der Gosau auf erodiertem prägosauischem Untergrund, nämlich hier auf Hauptdolomit. Aber bemerkenswert ist, daß das geringmächtige Bauxitvorkommen nach dem derzeit beobachtbaren Aufschluß größtenteils auf einem homogenen Kalktuit bzw. Fossiltschuttkalk liegt, der seinerseits den Hauptdolomit transgrediert. Infolge der rötlichen Pigmentierung dieser Kalksteinunterlage und feiner Fugenfüllungen mit rotem Bauxit steht außer Zweifel, daß also zumindest hier, abgesehen von lokal geringer Entwicklung von monomikten Transgressionsbreccien aus Hauptdolomit, der Bauxit nicht überall die älteste Gosau-Ablagerung darstellt. Die ursprünglich schon sehr geringe flächige und mengenmäßige Sedimentation von Bauxit geht schon daraus hervor, daß im Umkreis des weiten Gosaubeckens von Eiberg trotz vieler Basisaufschlüsse einschließlich von Tiefbohrungen nirgends Bauxit gesehen wurde. Es könnte sich um ein flächenmäßig höchstens 1.000 x 300 m großes Areal gehandelt haben. Die basisnahe Leitschicht des Oberkreidebeckens mit rotem Mergel fällt zwar durch etwas höheren Al_2O_3 -, Fe_2O_3 -, SiO_2 - (und auch MgO -) Gehalt verglichen mit dem Eiberger Mergellager auf, aber von einem lateritischen oder bauxitischen Sediment kann nicht die Rede sein.

Mit dem von RUTTNER zur Diskussion gestellten Modell einer allochthonen Herkunft des Al und Fe durch Lösungstransport in extrem saurem Milieu und ihrer Ausfällung als Hämatit-Böhmit-Bauxit im alkalischen Milieu des über Hauptdolomit bzw. den Kalk-Dolomitgesteinen transgredierenden Meeres kann man konform gehen. Die theoretischen Voraussetzungen und viele natürliche Beispiele sind von RUTTNER (1970, 1985, 1987), in Anlehnung an BARDOSSY (1982), MINDSZENTY (1984) und MINDSZENTI et al. (1985, 1987), mit Diskussion erläutert. Geochemisch ist der Bauxittyp von SCHROLL (1976) charakterisiert und läßt demnach diskrete Einzelheiten über die stoffliche Herkunft, also auch über das Liefergebiet erahnen.

Auch nach der Klassifikation von FÜCHTBAUER (1988, S. 55) wäre unser Bauxit als „Auf-Karst-Bauxit“ einzustufen, den er allerdings „durch Umlagerung lateritischer Klastika aus höheren Rückländern auf einen präexistente(n) Küstenkarst und eine anschließende in-situ-Desilifizierung“ entstanden erklärt.

Nach dem Klassifikationsvorschlag von BARDOSSY (1982, S. 112) fällt das Tonerdegestein der Widschwenter Alm in das Feld „low-iron bauxite“. Und es wäre an eine Ausfällung und Präzipitation eines komplexen amorphen Al-Fe-Ti-Si-Gels zu denken, aus welchem in einem noch syngenetischen bis frühdiagenetischen Reifungsprozeß die charakteristische Mineralparagenese Böhmit, mit Hämatit, Lepidokrokit, Goethit, Kaolinit kristallisiert wäre.

Das uns vorliegende Tonerdehydrat-Gestein mit überwiegend schichtungsloser, nahezu isotroper Konsistenz kann als großenteils chemisches Ausfällungsprodukt, z.T. mit mechanischer Anlagerung pelitischer bis submikro-

skopischer Teilchen erklärt werden, die im Schwebestand in einem, wie von SCHROLL & SAUER (1964), SCHROLL (1976) gefordert, Süßwasser- oder Lagunenmilieu angereichert sein können. Die für die Eiberger Bauxitanreicherung vorstellbare Entwicklung lief offenbar in einem lagunaren Flachwassermilieu ab, welches, wie der unter dem Bauxit geringmächtig abgelagerte Fossiltschuttkalk impliziert, ein zweifellos marines Sediment darstellt, das bei positiven Eh-Werten in einem schwach basischen Milieu zur Ausfällung gelangt ist und dann zur Reifung von Bauxit als chemisches Sediment im tropisch-humiden Klimabereich geführt hat.

Literatur

- AMPFERER, O.: Über die kohleführenden Gosauschichten des Brandenberger und Thierseetales in Tirol. – Jb. Geol. St.-A., **71**, 149–158, Wien 1921.
- AMPFERER, O.: Zur Geologie des Unterinntaler Tertiärs. (Mit einem Beitrag von B. SANDER: Zur Petrographie der Tertiären Bitumenmergel. – Jb. Geol. B.-A., **72**, 105–147, Wien 1922.
- AMPFERER, O.: Geologische Spezialkarte der Republik Österreich, Blatt Kufstein, 1 : 75.000. – Wien (Geol. B.-A.) 1925.
- AMPFERER, O.: Geologischer Führer für das Kaisergebirge. – 132 S. und Geologische Karte 1 : 25.000, Wien (Geol. B.-A.) 1933.
- BARDOSSI, G.: Mineralogisch-petrographische Untersuchung einiger Bauxite aus den niederösterreichischen Kalkalpen. – In: PLÖCHINGER, B.: Die Gosaumulde von Grünbach und der Neuen Welt (N.Ö.), Jb. Geol. B.-A., **104**, 359–441, Wien 1961.
- BARDOSSI, G.: Karst Bauxites – Bauxite deposits on carbonate rocks. – Developments in Economic Geology, vol. **14**, 442 S., Amsterdam – Oxford – New York (Elsevier Scientific Publishing Company) 1982.
- BUSHINSKY, G.I.: A hypothesis on the lateritic sedimentary origin of Bauxite. – Intern. Geol. Congr., 22. Sess. Part XIV. Laterite. New Delhi 1964.
- BRINKMANN, R.: Zur Schichtfolge und Lagerung der Gosau in den nördlichen Ostalpen. – Sitz.-Ber., Preuß. Akad. Wiss., Phys.-math. Kl., **27**, 1, 470–475, Berlin 1934.
- FÜCHTBAUER, H.: Sedimente und Sedimentgesteine. – XVI u. 1141 S. Stuttgart (Schweizerbart) 1988.
- GÜMBEL, C.W.: Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. – 950 S., Gotha (Perthes-Verlag) 1861.
- HABERFELLNER, E.: Zur Genesis der Bauxite in den Alpen und Dinariden. – Berg- u. Hüttenm. Mh., **96**, 62–69, Wien 1951.
- HAHN, F.: Grundzüge des Baues der Nördlichen Kalkalpen zwischen Inn und Enns. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **6**, 238–357, Wien 1913.
- HAMID, A.M.I.: Biostratigraphische Untersuchungen mit planktonischen Foraminiferen in der Oberkreide des Gosau-Beckens von Eiberg (Tirol). – Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, 170 S., 11 Tafeln. München 1976 (nicht publiziert).
- HEISSEL, W.: Beiträge zur Tertiär-Stratigraphie und Quartärgeologie des Unterinntales. – Jb. Geol. B.-A., **94**, 207–221, (1949–1951), Wien 1951.
- HEISSEL, W.: Zur Geologie des Unterinntaler Tertiärgebietes. – R. v. Klebelsberg-Festschrift, Mitt. Geol. Ges. Wien, **48** (1955), 49–70, Wien 1956.
- LEUCHS, K.: Die geologische Zusammensetzung und Geschichte des Kaisergebirges. – Ferdinandeum-Z. III. Folge, H. **51**, 53–136, 10 Taf., 1 geol. Kt. 1 : 33.000, Innsbruck 1907.
- LEUCHS, K.: Die Aufschlüsse an der neuen Straße Kufstein – Eilmann und die Beziehung des Eiberger Beckens zu seiner Umgebung. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **5**, 232–251, Wien 1912.

- LEUCHS, K.: Kaisergebirgsdecke und Unterinntaler Tertiär. – Verh. Geol. B.-A., **1925**, 75–91, Wien 1925.
- MINDSZENTY, A.: Late Senonian morphological evolution of the Iškartur karst area reconstructed on the basis of sedimentological features of the bauxite. – 5th Int. Congr. of ICSOBA, Zagreb 1983, *Travaux ICSOBA* **13**, **18**, 61–73, Zagreb 1983.
- MINDSZENTY, A.: The lithology of some Hungarian bauxites: a contribution to the paleogeographical reconstruction. – *Acta Geol. Hung.*, **27**, 3/4, 441–455, Budapest 1984.
- MINDSZENTI, A., D'ARGENIO, B. & BOGNAR, L.: Cretaceous bauxites of Austria and Hungary. Lithology and paleotectonic implications. – *Travaux ICSOBA*, **16/17**, 13–41, Zagreb 1986/87.
- MINDSZENTI, A. & D'ARGENIO, B.: Bauxites of the Northern Calcareous Alps and the Transdanubian Central Range: a comparative estimate. – *Rend. Soc. Geol. Ital.*, **9**, 2, Roma 1987.
- OEXLE, Th.: Die Geologie der Pölvengruppe im Unterinntal (Tirol). – Diplomarbeit, Technische Universität München, 75 S., München 1978 (nicht veröffentlicht).
- PETRASCHECK, W. & PETRASCHECK, W.E.: Lagerstättenlehre. – 410 S., Wien (Springer-Verlag) 1950.
- PETRASCHECK, W.E. & POHL, W.: Lagerstättenlehre. – 341 S., Stuttgart (E. Schweizerbart) 1982.
- PIRKL, H.: Geologie des Triasstreifens und des Schwazer Dolomits südlich des Inn zwischen Schwaz und Wörgl (Tirol). – *Jb. Geol. B.-A.*, **104**, 1–150, Wien 1961.
- RUTTNER, A.W.: Die Bauxit-Vorkommen der Oberkreide in den Ostalpen und deren paläogeographische Bedeutung. – *Annales Instituti Geologici Publici Hungarici*, Vol. **LIV**, 131–134, Budapest 1970.
- RUTTNER, A.W.: Transport in extremely acid waters and subsequent precipitation in alkaline environment – a possible way for the formation of karst bauxites. – *Travaux ICSOBA*, **14–15**, 1984/85, 23–31, Zagreb 1985.
- RUTTNER, A.W.: The Austrian Bauxites. Their possible origin and their paleogeographic relevance. – *Rend. Soc. Geol. It.*, **9** (1986), 281–286, Roma 1987.
- RUTTNER, A. & WOLETZ, G.: Die Gosau von Weißwasser bei Unterlaussa. Tektonische und mineralogische Untersuchungen. – *R. v. Klebelsberg-Festschrift, Mitt. Geol. Ges. Wien*, **48** (1955), 221–256, Wien 1957.
- SCHLAGINTWEIT, A. & H.: Neue Untersuchungen über die physikalische Geographie und die Geologie der Alpen. – XIII, C. 630 S., Leipzig (Verlag T.O. Weigel) 1854.
- SCHLOSSER, M.: Neue Fundorte von Versteinerungen der oberen Kreide in den Nordalpen. – *Centralblatt f. Mineral. etc.*, 624–658, Stuttgart 1904.
- SCHLOSSER, M.: Zur Geologie des Unterinntales. – *Jb. Geol. R.-A.*, **59**, 525–574, Wien 1909.
- SCHNEIDERHÖHN, H.: Erzlagerstätten. – 371 S., Stuttgart (Gustav Fischer) 1962.
- SCHROLL, E.: Analytische Geochemie II: Grundlagen und Anwendungen. – 374 S., Stuttgart (Ferdinand Enke Verlag) 1976.
- SCHROLL, E. & SAUER, D.: Ein Beitrag zur Geochemie der Seltenen Elemente in Bauxiten. – *Acad. Yugosl. Sciences et Arts (Symposium sur les Bauxites, Oxydes et Hydroxydes d'Aluminium)*, Zagreb 1963, I, 201–225, Zagreb 1964.
- SCHROLL, E. & SAUER, D.: Beitrag zur Geochemie von Titan, Chrom, Nickel, Cobalt, Vanadium und Molybdän in bauxitischen Gesteinen und das Problem der stofflichen Herkunft des Aluminiums. – *Travaux ICSOBA*, **5**, 83–96, Zagreb 1968.
- SCHULZ, O.: Bauxit in den Gosau-Schichten von Brandenberg (Tirol). – *Berg- u. hüttenm. Mh.*, **105**, 12, 347–349, Wien (Springer-Verlag) 1960.
- SCHULZ, O. & FUCHS, H.: Kohle in Tirol: Eine historische, kohlenpetrologische und lagerstättenkundliche Betrachtung. – *Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, **13**, 123–213, Wien 1991.