

Die Blei-Zink-Lagerstätte im Oberkarn des Arikogels als Teil des nördlichen Dachsteinblockes

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieurin

eingereicht am Department für Angewandte Geowissenschaften und Geophysik,
Lehrstuhl für Prospektion und Angewandte Sedimentologie
an der Montanuniversität Leoben



vorgelegt von

Heidemarie Lampl

Studienjahr 2006/07

Eidesstaatliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht verwendet und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Sollten sich Überschneidungen hinsichtlich eigener mit potentiellen publizierten Erkenntnissen ergeben, erkläre ich ausdrücklich, dass diese – sofern sie nicht als wörtlich oder inhaltlich übernommene Stellen benutzer Quellen kenntlich gemacht wurden – ausschließlich auf meine eigenen Untersuchungsergebnisse zurückzuführen sind.

Lilienfeld, im Wintersemester 2006/07

In science, as in all other departments of inquiry, no thorough grasp of a subject can be gained, unless the history of its development is clearly appreciated.

Nevertheless, students of Nature, while eagerly pressing forward in the search after her secrets, are apt to keep the eye too constantly fixed on the way that has to be travelled, and to lose sight and remembrance of the paths already trodden.

It is eminently useful, however, if they will now and then pause in the race, in order to look backward over the ground that has been traversed, to mark the errors as well as the successes of the journey, to note the hindrances and the helps which they and their predecessors have encountered, and to realise what have been the influences that have more especially tended to retard or quicken the progress of research.

A. Geiki (1897), *The Founders of Geology*

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung/Summary	5
1. Einleitung	7
1.1. Lage des Arbeitsgebietes	7
1.2. Zielsetzung und durchgeführte Arbeiten	8
2. Literaturrecherche	9
3. Arbeitsmethodik	10
3.1. Arbeiten im Gelände	10
3.2. Arbeiten im Labor	10
3.2.1. Anfertigen der Faziesschliffe	10
3.2.2. Schlämmen der Conodontenproben	10
3.2.3. Schweretrennung	11
4. Geologie	12
4.1. Geologischer Überblick	12
4.2. Geologische Neuaufnahme	14
4.3. Kartierte Einheiten	15
4.4. Profil West	16
4.5. Profil Ost	18
4.6. Arikogel	23
5. Die Blei-Zink- Lagerstätte im oberkarnischen Dolomit des Arikogels	30
5.1. Historische Übersicht über den Bergbau (nach HASLINGER (1962))	30
5.2. Allgemeines zur Bildung von Blei-Zink-Lagerstätten	31
6. Diskussion der Ergebnisse	34
7. Ökonomische Bedeutung	36
8. Ausblick	37
Danksagung	38
Literatur	39
Anhang	41

Zusammenfassung

Der Arikogel bei Bad Goisern stellt ein über Jahrtausende hinweg bekanntes Blei-Zink-Vorkommen dar, wenngleich es sich um eine lokal eng begrenzte Lagerstätte handelt. Umstritten waren jedoch immer die altersmäßige und tektonische Stellung der erzführenden Dolomite sowie die Genese des Vorkommens. Ziel der vorliegenden Diplomarbeit war es, das Alter der Vererzung bzw. der Trägergesteine zu bestimmen. Weiters sollte die tektonische Stellung des Arikogels geklärt werden, um damit den Arikogel an die Hallstätter Zone oder an den Dachsteinblock anbinden zu können. Daraus ergibt sich auch die Frage nach der lagerstättenkundlichen Bedeutung: ist das Erzvorkommen des Arikogels isoliert, oder können in der Umgebung weitere Vererzungen erwartet werden. Damit in Zusammenhang steht auch die Frage nach der Genese der Lagerstätte. Anhand von sedimentologischen und stratigraphischen Methoden und der Untersuchung von Vergleichsprofilen wurde versucht, diese Fragen zu klären. Die Altersdatierung konnte anhand von Flachwasserorganismen durchgeführt werden und zeigte, dass die erzführenden Dolomite sowie der überlagernde Kalk des Arikogels vermutlich dem Oberkarn bis Unternor zuzuordnen sind. Die Datierung erfolgte anhand von *Physoporella jomdaensis* (Karn bis Nor) sowie *Griphoporella curvata* (Nor bis Rhät).

Hiermit ergibt sich einerseits eine tektonische Abgrenzung zu den Werfener Schichten im Liegenden des Arikogels sowie aufgrund der gleichartigen Ausbildung der Dolomite sowohl am Arikogel als auch im östlichen der beiden Vergleichsprofile im Bereich des Dachsteinblockes die Zugehörigkeit des Arikogels zum Dachsteinblock. Für das westliche Vergleichsprofil konnte die bisher bekannte Schichtfolge bestätigt werden. Das östliche Vergleichsprofil erwies sich als komplizierter als bisher angenommen.

Eine Untersuchung von Erzproben würde notwendig sein, um die Bildung der Lagerstätte genauer erfassen zu können. Aus allen vorliegenden Daten heraus scheint jedoch eine genetische Verwandtschaft des Vorkommens mit den Blei-Zink-Lagerstätten im Karn Westösterreichs bzw. im Drauzug wahrscheinlich zu sein, obwohl diese der Wetterstein-Karbonatplattform und damit dem Ober-Ladin bis Unter-Karn angehören.

Die wirtschaftliche Bedeutung des Arikogels ist aufgrund der geringen Ausdehnung des Vorkommens als gering einzustufen, jedoch dürfte das Vorkommen als bisher einziges dieses Alters von wissenschaftlichem Interesse sein.

Summary

The lead-zinc-ore deposit of Arikogel near Bad Goisern has been known for many thousand years, although it is a local and very small deposit. Still its age and tectonic setting are a matter of discussion. Main target of this diploma thesis was to acquire age data for the deposit and the ore-bearing rocks. Another question was the tectonic setting of the Arikogel, wheter it belongs to the Hallstatt mélangé or the Dachsteinblock. This implements another question: is the Arikogel ore deposit isolated or can other deposits in the region may be expected. Connected to this is the question for the genesis of this deposit. By using sedimentological and stratigraphic methods and the investigation of profiles for comparison, it was tried to answer these questions. Age data were gained from shallow-water organisms. They showed that the dolomite and limestone from Arikogel have late Carnian to early Norian age and can be seen in contact with the rocks from the profiles east and west of the Hallstatt lake which are part of the Dachsteinblock.. Age data are given by *Physoporella jomdaensis* (Carnian to Norian) and *Griphoporella curvata* (Norian to Rhaetian). Therefore the Arikogel carbonates have a tectonic boundary to the underlying Werfener Formation, and the Arikogel must be

seen as a part of the tectonic unit called Dachsteinblock. For the profile west of the Hallstatt lake the known stratigraphy could be confirmed. The eastern section is more complicated than estimated before.

Ore analysis would be important to gain more information about the formation of this deposit, and to verify a genetic relationship with Carnian lead-zinc deposits in western Austria and in the Drauzug, which seems to be quite probably, considering all known data, although these deposits are situated in Wetterstein platform carbonates and have late Ladinian to early Carnian age.

The economic interest of the Arikogel deposit can be regarded as unimportant, however the deposit is the only known of this age and therefore of scientific interest.

1. Einleitung

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Gawlick sollte das „kleine Problem Blei-Zink-Lagerstätte Arikogel bei Bad Goisern“ im Zuge einer Diplomarbeit aus karbonatsedimentologischer Sicht gelöst werden. Ziel der Untersuchungen war die Datierung der erzführenden Gesteine mit sedimentologischen und stratigraphischen Methoden und die Diskussion der Genese sowie der Zeitpunkt der Vererzung, weiters die Einbindung in den regionalen geologischen Rahmen, also entweder die Zuordnung zur Hallstätter Schuppenzone im Norden oder zum Dachsteinblock im Süden. Eine weitere Frage stellt die lagerstättenkundliche Bedeutung und die Ausdehnung des Vorkommens dar.

Dem Spaziergänger präsentiert sich der am Nordende des Hallstätter Sees gelegene Arikogel als ein bewaldeter Hügel mit felsigen Flanken und einem gemütlichen Wanderweg mit mittlerweile recht verwachsenen Ausblicken auf den See – möglicherweise verirren sich deshalb auch nur wenige Wanderer hierhin, was ein recht ungestörtes Arbeiten erlaubte. Spuren des einstigen Bergbaues sind nur noch bei genauerem Hinsehen zu erkennen, am deutlichsten an dem vermauerten, von Waldrebe umwucherten Stolleneingang an der Südwestseite.

1.1. Lage des Arbeitsgebietes

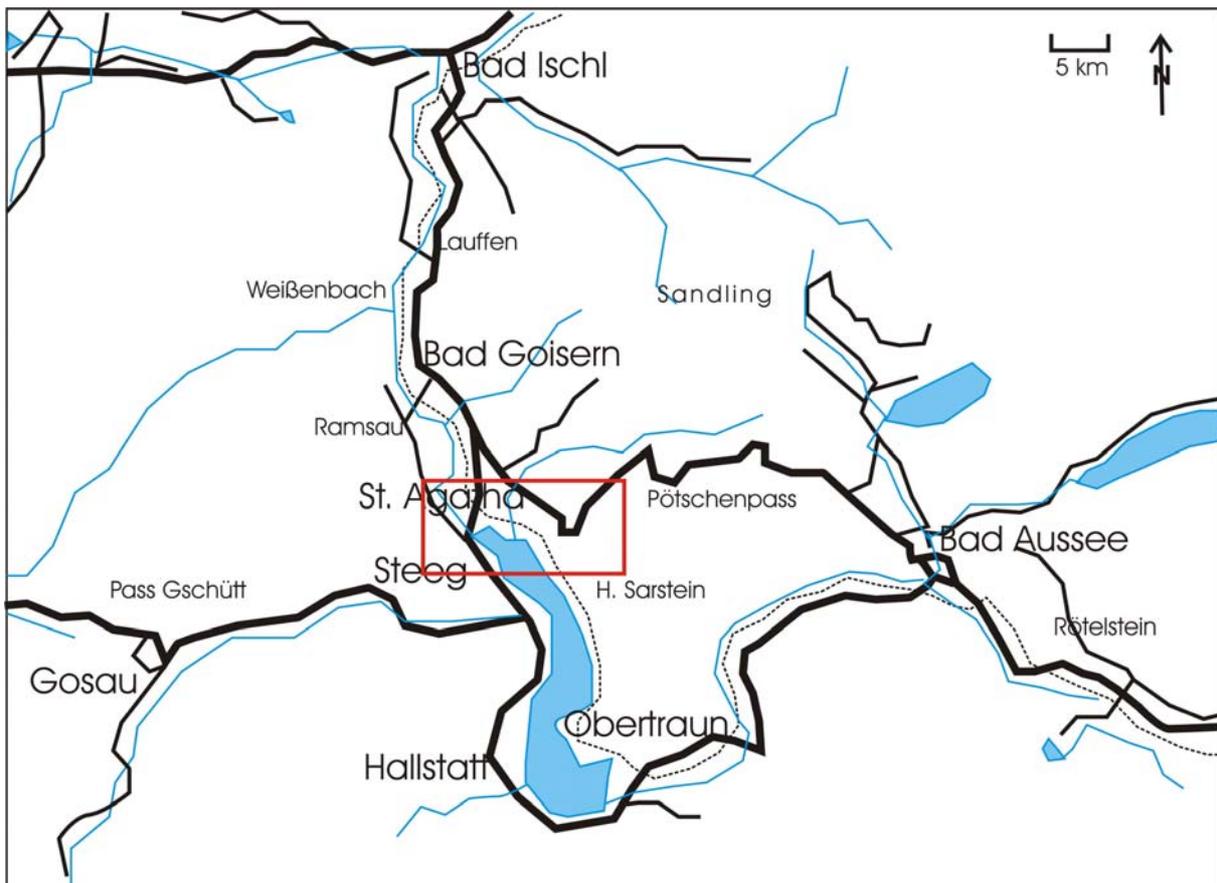


Abb. 1: topographische Übersichtskarte über das südliche Salzkammergut

Abbildung 1 zeigt eine schematische Übersichtskarte der Region. Die rote Markierung umreißt das Arbeitsgebiet am Nordende des Hallstätter Sees.

1.2. Zielsetzung und durchgeführte Arbeiten

Ziel der Arbeit war es, das Alter der Vererzung bzw. der Trägergesteine zu bestimmen. Weiters sollte die tektonische Stellung des Arikogels geklärt werden, um damit den Arikogel an die Hallstätter Zone oder an den Dachsteinblock anbinden zu können. Daraus ergibt sich auch die Frage nach der lagerstättenkundlichen Bedeutung: ist das Erzvorkommen des Arikogels isoliert, oder können in der Umgebung weitere Vererzungen erwartet werden. Damit in Zusammenhang steht auch die Frage nach der Genese der Lagerstätte.

Durchgeführt wurde eine detaillierte geologische Kartierung sowie Beprobung des Arikogels. Darüber hinaus wurden Profile an den benachbarten Bergflanken des Dachsteinblockes aufgenommen, um die Gesteine des Arikogels mit jenen des nördlichen Dachsteinblockes vergleichen zu können. Das westlich des Hallstätter Sees gelegene Profil befindet sich bei Steeg, das östliche in den Hängen des Sarsteins.

In den untersuchten Gebieten wurden Proben für Faziesschliffe zur Datierung anhand von Flachwasserorganismen sowie an geeigneten Stellen Proben zur Altersbestimmung anhand von Mikrofossilien (Conodonten) genommen. Die Bearbeitung erfolgte in den Wintermonaten im Labor an der Montanuniversität Leoben.

2. Literaturrecherche

Auch die von Haus aus eher spärlich vorhandene Literatur konnte nicht ohne gründliches Hinterfragen der dargestellten Ergebnisse verwendet werden. Wichtige Erkenntnisse ergaben sich oft durch die Betrachtung der älteren Ergebnisse aus dem Blickwinkel der neu gewonnenen Daten.

Autor	Alter der vererzten Gesteine	Tektonik
MEDWENITSCH (1949)	keine Angabe	Manegg-Arikogel Deckscholle, Obere Hallstätter Decke
HASLINGER (1962)	Gutensteiner und Ramsau-Dolomit	„ <i>möglicherweise Dachsteindecke</i> “
MOHAMED ALI (1963)	Wettersteinkalk, Ramsau-Dolomit	keine Angabe, indirekte Zuordnung zur Dachsteindecke
Geol. Karte, Blatt 96 (1982)	Wetterstein-Formation	Dachsteindecke
GÖTZINGER (1985, 1997)	Gutensteiner Dolomit	keine Angabe

Tab. 1: Literaturangaben zum Alter und zur tektonischen Stellung des Arikogels

Tabelle 1 fasst die wichtigsten Literaturangaben zu Stratigraphie und tektonischer Stellung des Arikogels zusammen und zeigt auf, wie widersprüchlich die vorhandenen Daten sind. Daher war es wichtig, zuverlässige Altersdaten zu gewinnen, um diese Streitfragen klären zu können. Bei der Verwendung von Literaturangaben muss weiters darauf geachtet werden, wie der Erkenntnisstand zur Zeit der Veröffentlichung war. So ging HASLINGER (1962) noch von einer durchgehenden Flachwassersedimentation in der Mitteltrias aus, wodurch die Steinalm-Formation in seiner Arbeit nicht ausgeschieden wurde. Auch die Bezeichnung „Dachsteinblock“ für die in der älteren Literatur „Dachsteindecke“ genannte tektonische Einheit entwickelte sich erst in den letzten Jahren.

Für das Profil westlich des Hallstätter Sees stand neben der Geologischen Karte Blatt 96 (SCHÄFFER 1982) eine Arbeit von GROTTENTHALER (1978) über die Raibler Schichten zur Verfügung. Beide Quellen geben für das westliche Arbeitsgebiet Wettersteindolomit, überlagert von Raibler Schichten, an. Als Überlagerung wird Hauptdolomit und darüber Dachsteinkalk angegeben.

Die Schichtfolge an der Nordwestseite des Sarsteins (Profil östlich des Hallstätter Sees) ist ähnlich dem Arikogel widersprüchlich dargestellt. Ein Überblick findet sich in GAWLICK et al. (2006); umstritten ist auch hier das Alter der Dolomite. Als gesichert kann angenommen werden, dass es sich keinesfalls um eine vollständige Schichtfolge handelt, dies ist mit den auftretenden Mächtigkeiten nicht vereinbar.

Ein ähnliches Bild bietet sich bei der Betrachtung der Literatur zur Genese der Blei-Zink-Vererzungen. Die Diskussion der unterschiedlichen Modelle erfolgt in Kapitel 5.

3. Arbeitsmethodik

3.1. Arbeiten im Gelände

Durchgeführt wurde eine geologische Kartierung unter Beachtung der tektonischen Verhältnisse. Der vorgesehene Kartenmaßstab von 1:10.000, konnte jedoch nur für die Vergleichsprofile verwendet werden. Die Kartierung am Arikogel wurde im Maßstab 1:5.000 durchgeführt, um die kleinräumigen Wechsel in der Lithologie besser darstellen zu können.

Weiters wurden im Gelände 2 Arten von Proben genommen: Handstücke zur Herstellung von Faziesschliffen sowie Proben von etwa 4 kg Gewicht zur Analyse von Mikrofossilien (Conodonten und aus deren Verfärbung abgeleitete CAI-Werte zur Ermittlung der Temperaturüberprägung). Die Bearbeitung der Proben erfolgte in den Wintermonaten in den Laboren der Montanuniversität Leoben.

3.2. Arbeiten im Labor

3.2.1. Anfertigen der Faziesschliffe

Schliffe in der Größe von etwa 5 x 5 cm zur Mikrofaziesuntersuchung wurden von allen genommenen Proben angefertigt, auch von den Conodontenproben wurde ein Handstück zur Schliffanfertigung entnommen. Die Handstücke wurden an der Diamantsäge in passende Klötzchen geschnitten, welche an einer Seite auf der Diamantscheibe geschliffen und anschließend händisch mit Siliziumcarbid geläpft wurden. Die so vorbereiteten Klötzchen wurden mit Epoxitharz auf ebenfalls angeläppte Glasplättchen geklebt. Nach dem Trocknen wurden die Klötzchen auf der Dünnschliffmaschine auf eine Dicke von etwa 2 mm heruntergeschnitten und anschließend maschinell auf etwa 200 bis 300 µm heruntergeschliffen. Die weitere Bearbeitung erfolgte händisch auf der Diamantscheibe und schlussendlich wieder mit Siliziumcarbid auf der Läppplatte, mit fortlaufender Kontrolle der Dicke unter dem Binokular.

Einige sehr poröse oder stark tektonisierte Proben mussten vor dem Aufkleben mit Kunstharz getränkt werden, um ein Zerfallen während der Bearbeitung zu verhindern. Nach dem Trocknen des Harzes wurden die so behandelten Proben weiterbearbeitet wie oben beschrieben.

3.2.2. Schlämmen der Conodontenproben

Von den etwa 3 bis 4 kg schweren Conodontenproben wurde – wie oben beschrieben – ein Handstück zur Schliffherstellung entnommen. Die restlichen Stücke wurden, wenn notwendig, von Hand vorzerkleinert und anschließend im Backenbrecher auf etwa 4 bis 5 cm große Stücke grob gebrochen. Diese wurden in handelsübliche Kunststoff-Küchensiebe umgefüllt, unter fließendem Wasser von Gesteinsstaub und Verunreinigungen befreit und in Kübel mit heißem Wasser gehängt. Dem Wasser wurde schließlich etwa 1 bis 1,2 l 80%ige technisch reine Essigsäure zugesetzt. Nach einer Woche wurden die Gesteinsstücke aus den Kübeln geholt und die Rückstände unter fließendem Wasser ab gespült. Aufgefangen wurden die Rückstände mit Sieben der Größe 250 und 100 µm. Der im 250 µm-Sieb verbliebene Rückstand wurde mit den restlichen Probenteilen mit frischem Wasser und Säure angesetzt,

die Sedimente im 100 µm-Sieb wurden in einem Glasgefäß aufgefangen und bei 40°C im Trockenschrank aufbewahrt.

Da sich die beschriebene Methode mit Essigsäure als zu zeitaufwendig erwies, konnte auf Ameisensäure umgestellt werden. Hierfür werden dem Wasser etwa 500 ml 85%ige technisch reine Ameisensäure zugesetzt. Das Absieben und Neuansetzen erfolgt alle 2 Tage.

3.2.3. Schwereretrennung

Die beim Schlämmen der Conodontenproben aufgefangenen Rückstände wurden – wie bereits oben erwähnt – gesammelt und im Trockenschrank bei 40°C bis zur Rieselfähigkeit getrocknet. Danach erfolgte die Schwereretrennung mittels Bromoform, um die Menge des Rückstandes zu reduzieren und damit das Suchen nach den in der Schwerfraktion angereicherten Mikrofossilien zu erleichtern. Bromoform hat eine Dichte von 2,8 g/cm³, wodurch sich die aus Apatit (Dichte 3,18 g/cm³) bestehenden Mikrofossilien sowie etwaige Erzkörner und andere Schwerminerale sehr leicht anreichern lassen.

Die in Filterpapier aufgefangenen Fraktionen wurden erneut getrocknet und anschließend unter den Binokular durchgesehen, wobei die Schwerfraktion vollständig untersucht wurde, von der Leichtfraktion wurde hingegen nur eine Stichprobe durchgesehen und ein Teil aufbewahrt für eventuell erforderliche weitere Untersuchungen.

4. Geologie

4.1. Geologischer Überblick

Bad Goisern und seine Umgebung liegen inmitten des Ostalpins, und gehören der großgeologischen Einheit der Nördlichen Kalkalpen (in weiterer Folge mit NKA abgekürzt) an. Es handelt sich hierbei um eine Abfolge von Sedimenten eines passiven Kontinentalrandes, der vom Perm bis ins Mitteljura stabil blieb, genauer gesagt des nordwestlichen Schelfes der westlichen Tethys. Der ab dem hohen Mittel-Jura Deckenstapel der NKA erstreckt sich über 500 km Länge und 20 bis 50 km Breite und findet seine östliche Fortsetzung in Teilen der westlichen Karpathen (MANDL 2000).

Die klassische tektonische Einteilung der NKA in eine untere Bavarische, eine mittlere Tirolische und eine obere Juvavische Deckeneinheit (TOLLMANN 1985), die beinahe 100 Jahre lang verwendet wurde, musste in den letzten Jahren aufgrund neuer stratigraphischer, struktureller, metamorpher und geochronologischer Daten hinterfragt werden. Ein neues Modell von FRISCH & GAWLICK (2003), das die aktuellen Daten berücksichtigt, sieht lediglich noch zwei Deckeneinheiten vor. Die Tirolische Einheit, unterteilt in drei Untereinheiten, nimmt demnach einen Großteil der Fläche der NKA ein. Darüber liegt die durch Erosion nur noch fragmentarisch erhaltene Hallstätter (Juvavische) Decke, heute Hallstätter Mélangezone genannt. Die Schichtfolge der Hallstätter Zone (siehe stratigraphische Tabelle Abb.) umfasst pelagische Karbonate, die sich deutlich von den am Arikogel auftretenden Flachwassersedimenten unterscheiden.

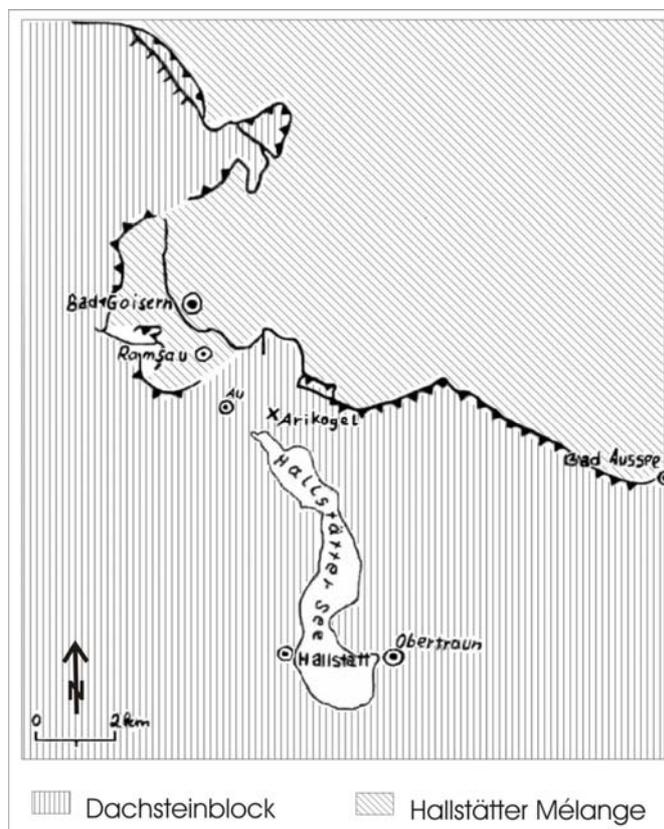


Abb. 2: tektonische Übersichtskarte auf Grundlage der geologischen Karte von Salzburg (PESTAL & HEJL (2005))

Der Arikogel selbst liegt im Grenzbereich zweier Decken, wie in Abb. 2 dargestellt. Es handelt sich hierbei um den Dachsteinblock (vormals Dachsteindecke) sowie die Hallstätter Mélange. MEDWENITSCH (1949) stellte den Arikogel in Form der Manegg-Arikogel Deckscholle in die obere Hallstätterdecke. Eine Deckscholle ist ein mit anderen Teilen der gleichen Deckeneinheit räumlich nicht zusammenhängender Teil, der durch Erosion bis in die unterlagernde Deckeneinheit isoliert wurde. Die Gliederung in Obere und Untere Hallstätter Decke wurde mittlerweile aufgelassen. Sie ist im Zusammenhang mit der Theorie der Hallstätter Kanäle zu sehen, wobei der Begriff „Untere Hallstätter Decke“ die Gesteinsmasse bezeichnet, die als im Nordkanal autochthone Ablagerungen angesehen wurden, die „Obere Hallstätter Decke“ umfasste jene Sedimente, die als Gleitmassen aus dem Südkanal in den Nordkanal umgelagerte Ablagerungen gedeutet wurden (TOLLMANN 1985). HASLINGER (1962) deutet hingegen bereits an, dass eventuell auch eine Zuordnung zum Dachsteinblock denkbar ist. Die geologische Karte Blatt 96 (SCHÄFFER 1982) stellt den Arikogel zum Dachsteinblock; weitere Quellen liefern keine Angaben zur tektonischen Zuordnung des Arikogels.

Daten zur diagenetischen oder metamorphen Überprägung des Arbeitsgebietes liegen nicht vor. Diese hätten ebenso wie die Altersdaten anhand von Conodonten im Zuge dieser Arbeit bestimmt werden sollen. Da die angetroffenen Gesteine jedoch dem lagunären und Rückriff-Bereich zuzuordnen sind, musste schlussendlich bei der Altersbestimmung auf Flachwasserorganismen zurückgegriffen werden. Die Metamorphosebedingungen konnten anhand der CAI-Karte von GAWLICK et al. (1994) durch den Vergleich mit dem westlichen Bereich des Dachsteinblockes grob abgeschätzt werden (siehe Abb. 3). Die zu erwartende Temperaturüberprägung im Bereich des Arikogels liegt bei CAI 1,0.

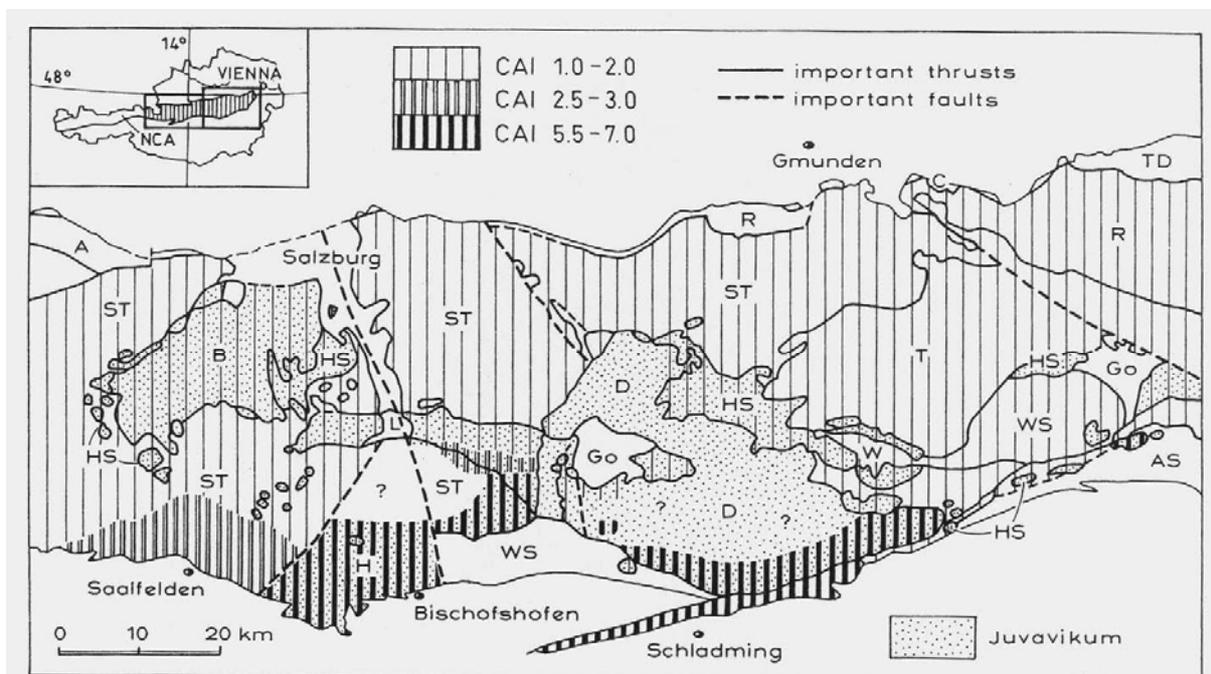


Abb. 3: Vereinfachte CAI Karte des mittleren Ausschnittes der Nördlichen Kalkalpen (NKA). Tektonische Karte teilweise verändert nach TOLLMANN (1985). WS = Werfener Schuppenzone; AS = Admonter Schuppenzone; GO = Gosau. Bajuvavarikum: A = Alldäu Decke; C = Cenomanrandschuppe; R = Reichraminger Decke. Tirolikum: ST = Staufenhöllengebirgs Decke; T = Totengebirgs Decke; W = Warscheneck Decke. Juvavikum: D = Dachstein Decke; B = Berchtesgadner Decke; H = Hochkönig; L = Lammerzone; HS = Hallstatt Rutschkörper. (aus GAWLICK et al. (1994))

4.2. Geologische Neuaufnahme

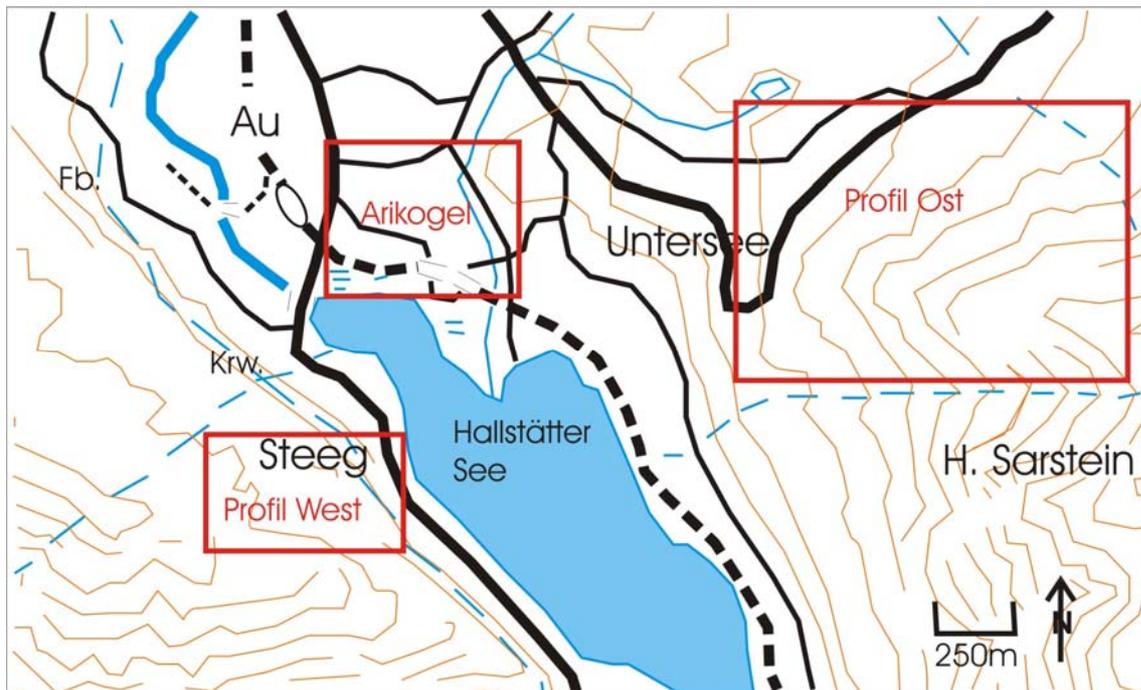


Abb. 4: Übersichtskarte mit der Lage der Arbeitsgebiete.

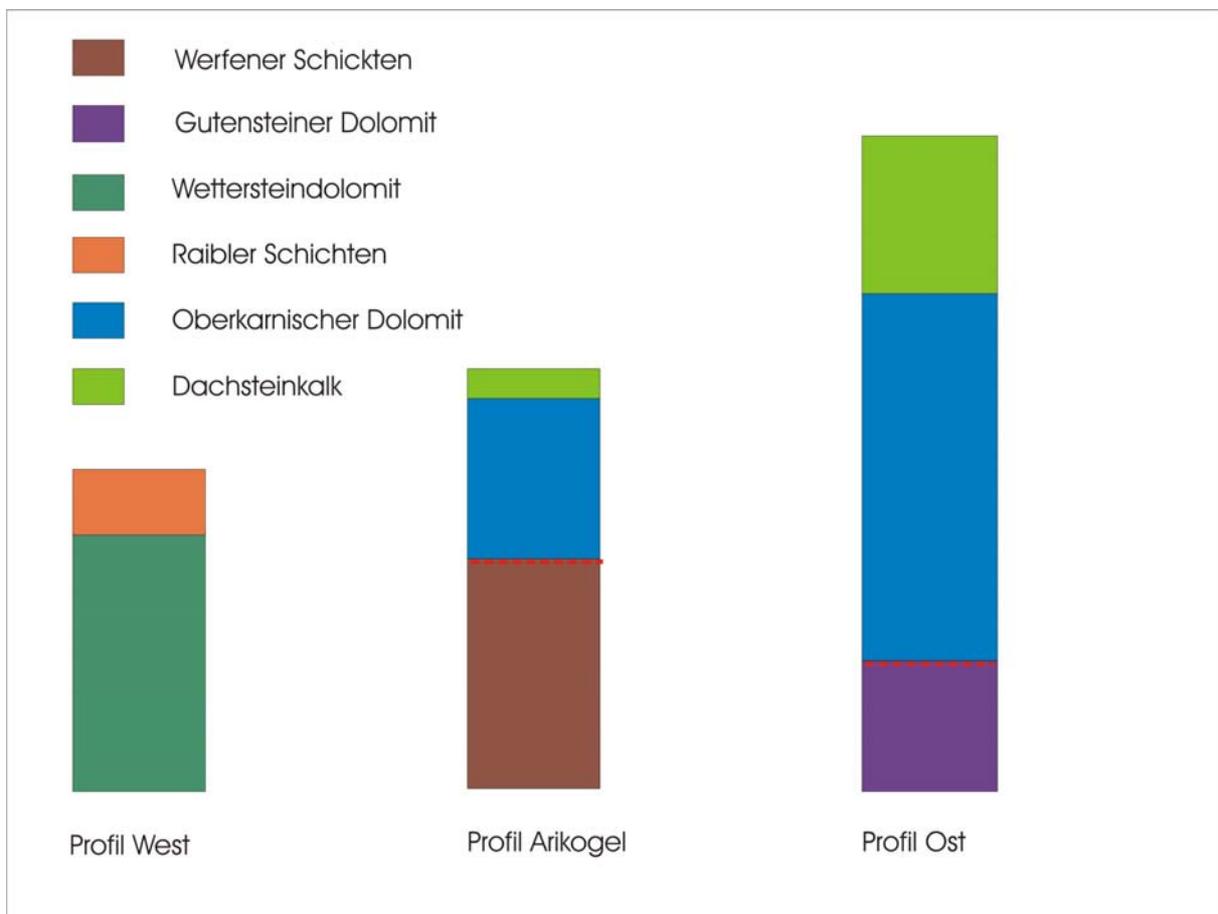


Abb. 5: Schematische Profile durch die drei bearbeiteten Gebiete auf Grundlage der vorliegenden Kartierung. Die rot strichlierten Linien zeigen nicht sedimentären Kontakt zwischen den Gesteinen an. Die Darstellung ist nicht maßstabsgetreu.

Für die durchgeführten Kartierungsarbeiten wurden neben dem Arikogel selbst zwei Vergleichsprofile aufgenommen. Die Lage der Kartierungsgebiete ist aus Abb. 4 ersichtlich. Abbildung 5 zeigt schematische Profile durch die Arbeitsgebiete auf Grundlage der vorliegenden Kartierung. Als Kartengrundlage dienten Vergrößerungen der ÖK 1:50.000, Blatt 96 Bad Ischl, herausgegeben vom Amt für Eich- und Vermessungskunde. Zur übersichtlicheren Darstellung und besseren Bearbeitbarkeit wurden die Kartenausschnitte digitalisiert.

Kartiert wurde in unterschiedlichen Maßstäben, um den räumlichen Gegebenheiten gerecht werden zu können. So erfolgte die sehr detaillierte Kartierung des Arikogels im Maßstab 1:5.000, während für die Profilaufnahmen an den Flanken östlich und westlich des Hallstätter Sees ein Maßstab von 1:10.000 als ausreichend erschien.

4.3. Kartierte Einheiten

Die im Arbeitsgebiet angetroffenen Einheiten sind zum größten Teil der Trias zuzuordnen. Ausnahmen bilden lediglich die dem Permoskyth zuzuordnenden Werfener Schichten im Liegenden des Arikogels sowie die in der Kreide abgelagerten Gosaugesteine, die in Form von Spaltenfüllungen oder tektonisch eingeklemmt die jüngste und damit hangendste Einheit des Arikogels bilden. Östlich des Arikogels, von diesem durch den Zlambach getrennt, befinden sich Moränenablagerungen, an den anderen Seiten ist der Arikogel von alluvialen Ablagerungen umgeben.

Eine Übersicht über die Schichtfolge der Trias im zentralen Anteil der NKA, zu dem der Arikogel und seine Umgebung zählen, ist in Abb. 6 zu sehen.

Die Sedimentation der Schichtfolge setzt im späten Perm mit grobkörnigen Siliciclastica (Verrucano) im Norden und Evaporiten (Haselgebirge) im Süden ein. In der frühen Trias (Skyth) setzt sich die siliziklasische Sedimentation mit Alpinem Buntsandstein im Norden und Werfener Schichten im Süden fort. Danach begann sich die Karbonatproduktion zu entwickeln, und in der frühen bis mittleren Trias bildeten sich Karbonatrampen aus, auf denen die Werfener Kalke sowie Gutensteiner und Steinalm Formation abgelagert wurden. Flachwasserkarbonatsedimentation dominierte die mittlere und späte Trias. Während der späten Mittel- und frühen Obertrias bildete sich die Wetterstein-Karbonatplattform aus, die von den Siliziklastika der Lunzer und Raibl Formation überlagert wird. Darüber bildete sich erneut eine Karbonatrampe aus, auf der die Gesteine der Opponitzer und Waxeneck-Formation abgelagert wurden. Im Nor und Rhät entwickelte sich die klassische Obertrias-Karbonatplattform. Durch ein mögliches Massensterbeereignis kann am der Wende Trias/Jura die Karbonatproduktion zum Erliegen, und es kam im Lias zum Drowning der Karbonatplattform aufgrund von mangelnder Sedimentzufuhr. (nach GAWLICK & FRISCH (2003))

		Late Triassic lagoonal area		Late Triassic Reef rim	Zlambachfacies zone		Hallstatt Salzbergfacies zone	
		Hauptdolomite facies zone	Lagoonal Dachstein limestone facies zone		Zwieselalm facies proximal	distal	proximal	distal
Rhaetian		Kössen Formation	bedded, lagoonal Dachstein limestone		Zlambach Formation			
Norian	Sevatian	"Plattenkalk"	Kössen Formation	Dachstein reefal limestones Tectonics	Pedata Formation Tectonics		Hangend-graukalk Tectonics	
	Alaunian	Seefeld Fm. Tectonics	bedded, lagoonal Dachstein limestone	Dachstein reefal limestones and slope sediments	Pötschen Formation (limestones and dolomites)		Hangendrotkalk Tectonics	
	Laclan	Haupt-dolomite	"Lofer facies"				Massiger Hellkalk Tectonics	
	Tuvalian	Opponitz Formation carbonate ramp		Waxeneck Formation			Roter Bankkalk	
Karnian	Julian	Lunz Formation (North alpine Raibl beds) Tectonics		Leckkogel Formation (limestones and marls)	partly Leckkogel Formation partly Halobia shales and limestones		Halobia shales Tectonics	
		Wetterstein carbonate platform Raming Formation		Wetterstein carbonate platform Wetterstein Fm., Raming and Grafensteig Fms.	Pötschen Formation		gray limestones	
Ladinian	Lango-bardian	Reifling Formation, partly with Partnach beds (since late Pelsonian) partly shallow water carbonates					Grauvioletter und Graugelber Bankkalk	
	Fassanian							
Anisian	Illyrian						gray limestones Tectonics	
	Pelsonian	Steinalm Formation (limestones and dolomites) - carbonate ramp					Schreyeralm limestone	
	Lower	Gutenstein Formation (limestones and dolomites) - carbonate ramp Reichenhall-Formation						
Lower Triassic		Alpine Buntsandstein and; Werfen Formation		Werfen Formation				

Abb. 6: Vereinfachte Stratigraphie der Trias der zentralen NKA. Aus GAWLICK & FRISCH (2003)

4.4. Profil West

Das Profil, dargestellt in Abb. 7, in den beinahe unzugänglichen Bergflanken am Westufer des Hallstätter Sees wurde in einer steilen, scheinbar nur periodisch von Wasser durchflossenen Schlucht aufgenommen. Große Mengen an grobem Hangschutt, bei Murabgängen umgestürzte und mitgerissene Bäume sowie die zur Probennahme reichlich ungeeigneten glatten Felswände in der Schlucht erschwerten die Arbeit zusätzlich.

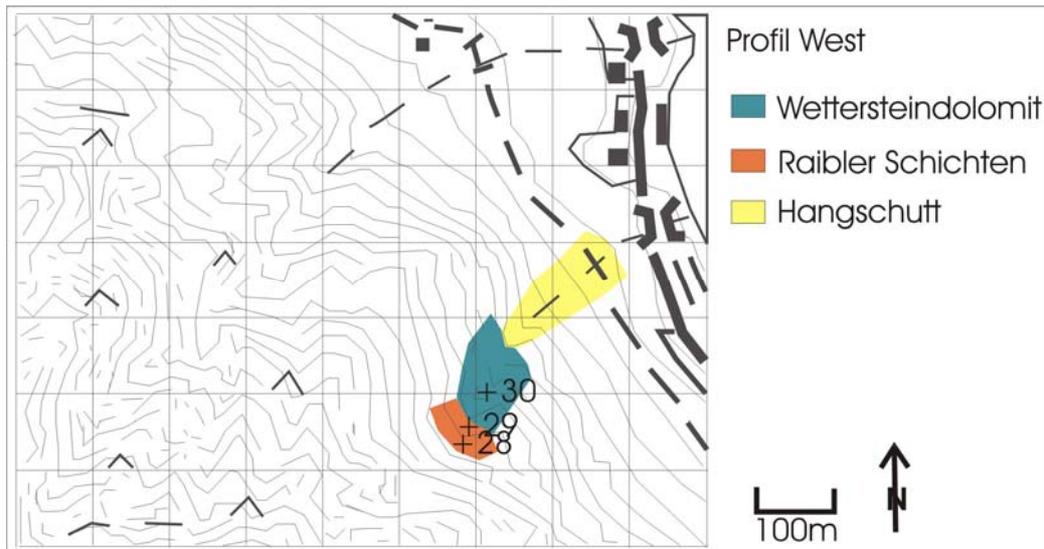


Abb. 7: Karte des Profils westlich des Hallstätter Sees. Die Zahlen bezeichnen Probenahmestellen.

Angetroffene Einheiten:

Wettersteindolomit:

Bei der Wetterstein-Formation handelt es sich um die Sedimente einer Rifffentwicklung aus dem unteren Karn, frühe Entwicklungen können auch schon im oberen Ladin beginnen. Der Dolomit stammt aus einem lagunären Ablagerungsraum und ist meist stark rekristallisiert, wie in Abbildung 8/1 zu erkennen. Dies führt dazu, dass der Dolomit dieser Altersstufe von Dolomiten aus gleichem Ablagerungsraum, jedoch unterschiedlichen Alters, praktisch nicht zu unterscheiden ist. Eine Datierung ist häufig nur durch die liegenden und hangenden Gesteine möglich, genaue Altersdaten können jedoch nur anhand von fallweise erhaltenen Flachwasserorganismen gewonnen werden.

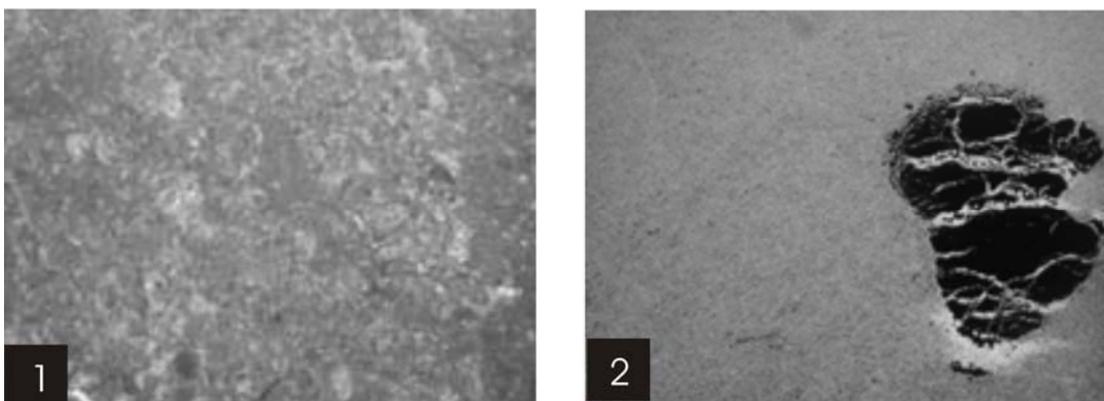


Abb 8: Faziesschliffe aus dem westlichen Arbeitsgebiet

- (1) Probe AR-30: stark rekristallisierter heller Dolomit mit verschiedenen umkrusteten Komponenten, die auf einen Boundstone aus riffnaher Umgebung schließen lassen
- (2) Probe AR-29: Mikrodolosparit mit Pyrit, Raibler Schichten

TOLLMANN (1985) beschreibt den Wettersteindolomit als dolomitisierte Ausbildung des geschichteten Wettersteinkalkes aus dem Rückriffbereich; die massige, kavernöse Ausbildung

wird – mit unscharfer Abgrenzung – als Ramsaudolomit bezeichnet und soll auf die Wettersteinriffkalke zurückgehen.

Die Analyse des Faziesschliffes (siehe Anhang, Tab.) zeigt einen Boundstone, der in riffnaher Umgebung abgelagert wurde.

Raibler Schichten:

Die karnischen Raibler Schichten (oberstes Jul 1 bis zum Ende des Jul 2) bilden die direkte Überlagerung der Wettersteinplattform. Es handelt sich um eine Abfolge von siliziklastischen Sedimenten, überwiegend Sandsteine und Tonmergel, die auch Pflanzenhäcksel führen können. Im Gelände zeigen sich schiefriige, sehr weiche Gesteine mit einer orangeroten Verwitterungsschicht, frische Flächen erscheinen dunkelgrau bis schwarz. Die Farbe der Verwitterung ist auf den Eisengehalt in Form von Pyrit zurückzuführen.

GROTTENTHALER (1978) beschreibt von einem nicht genauer bestimmbareren Aufschluss in der „Gamsfeldgruppe“ (muss laut Karte jenem Gebiet entsprechen, in dem auch der hier bearbeitete Aufschluss liegt) Schiefertone mit einen charakteristischen „Sphaerocodien-Onkolith“-Horizont im oberen Drittel der Abfolge, überlagert von gelb verwitterndem sandigen Dolomit, der dem sogenannten „Gelbkalk“ entsprechen soll, ebenfalls ein Leithorizont.

Die Proben zeigten im Faziesschliff (siehe Anhang, Tab.) tonig-mergelige Zusammensetzung und teilweise Pyrit (Abb. 8/2).

Aufgrund ihrer siliziklastischen Zusammensetzung weisen die Raibler Schichten ein deutlich anderes Verhalten auf, was Verwitterung sowie die Durchlässigkeit für Grundwasser betrifft. Sie sind eher als Grundwasserstauer anzusehen, was im Gelände anhand der starken Vernässung im Bereich der Aufschlüsse erkennbar war. Auch das im Gegensatz zu den über- und unterlagernden Karbonaten deutlich andere Verwitterungsverhalten ist im Gelände deutlich erkennbar in Form einer flachen Stufe inmitten der steilen Wände.

Die Überlagerung der Raibler Schichten konnte aufgrund der Geländeverhältnisse in diesem Profil nicht erreicht werden. Die Geolog. Karte, Blatt 96 (SCHÄFFER 1982) gibt als Überlagerung Hauptdolomit und Dachsteinkalk an.

Für diesen Bereich des Arbeitsgebietes kann die in der Literatur (GROTTENTHALER (1978) sowie Geolog. Karte, Blatt 96 (SCHÄFFER 1982)) angegebene Schichtfolge von Wettersteindolomit und Raibler Schichten als sicher angenommen werden.

4.5. Profil Ost

An den Flanken des Sarsteins wurde zur besseren Übersicht und Informationsgewinnung kein einzelnes Profil aufgenommen, sondern eine größere Fläche kartiert, wie in Abb. 11 zu sehen ist. Dies war nicht zuletzt durch die hier deutlich einfacheren Geländeverhältnisse möglich.

Angetroffene Einheiten:

Gutensteiner Formation:

Diese Formation aus dem unteren Anis umfasst gebankte Kalke und Dolomite einer Karbonatrampenentwicklung, dargestellt in Abbildung 9/1-3. Es handelt sich im Allgemeinen um eher dunkle Gesteine, die reich an organischem Material sind. Rosa gefärbte Fluoritlagen (treten z.B. in der Pötschenkehre auf) sowie diagenetisch gebildete Mergellagen können

beobachtet werden. Diese seit langem bekannten Fluoritgängen werden als Mobilisat einer sedimentär angelegten Stoffanreicherung gedeutet (TOLLMANN (1985))
Die Beschreibung der Faziesschliffe erfolgt in der Tabelle im Anhang.

Dolomit:

Es handelt sich hierbei um helle, komplett rekristallisierte Dolomite (siehe Abb. 9/4-6), vergleichbar mit jenen vom Arikogel und vom westlichen Profil, die mit den für diese Arbeit verwendeten Methoden kaum bis sehr schwer datierbar sind, und, wie bereits zuvor bemerkt wurde, unterschiedliche Alter besitzen können. Die Auswertung der Faziesschliffe (siehe Anhang, Tab.) brachte keine eindeutige Datierung.

Für dieses Arbeitsgebiet kommen drei Möglichkeiten in Betracht:

- *Steinalm-Formation*: Karbonatrampenentwicklung aus dem mittleren Anis (Pelson), bildet die direkte Überlagerung der Gutensteiner Formation. Der Kontakt zum hangenden Dachsteinkalk wäre in diesem Fall tektonischer Natur.
- *Wetterstein-Formation*: Karbonatplattformentwicklung im Unterkarn, überlagert von den siliziklastischen Raibler Schichten. Da diese im Arbeitsgebiet nicht vorhanden sind, müsste für diesen Fall ein tektonischer Kontakt sowohl zur Unter- als auch zur Überlagerung angenommen werden.
- *Oberkarn* (Opponitzer bzw. Waxeneck Formation): Eine Karbonatrampenentwicklung im Oberkarn (Tuval), die die direkte Unterlagerung der Dachstein-Plattformentwicklung bildet. Für diesen Fall ist der Kontakt zum Gutensteiner Dolomit als tektonisch anzunehmen.

Dachsteinkalk:

Hierbei handelt es sich um eine Plattformentwicklung, deren Entwicklung im unteren Nor über den Karbonatrampensedimenten der Opponitzer bzw. Waxeneck-Formation (Oberkarn) einsetzt. Die Sedimentation setzt sich bis zum Ende des Rhäts fort, wie z.B. am Niederen Sarstein. Es treten massige Riffkalke sowie die auch als Loforit bezeichneten, gebankten Kalke des Rückriffbereiches auf. Abbildungen der Fazieschliffe siehe Abb 10, die Beschreibung der Proben erfolgt im Anhang.

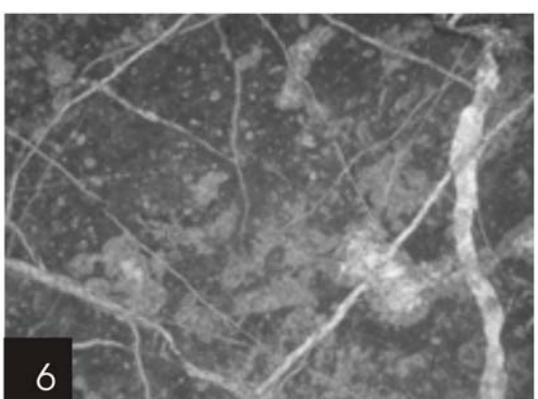
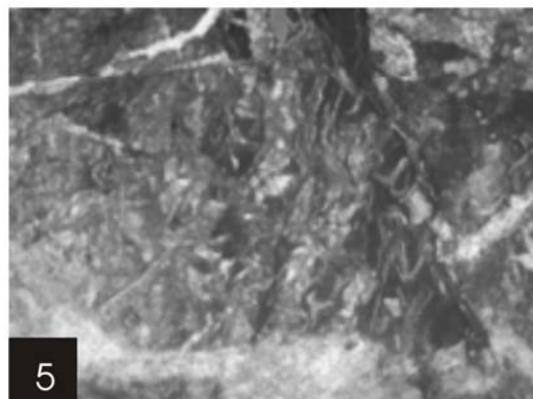
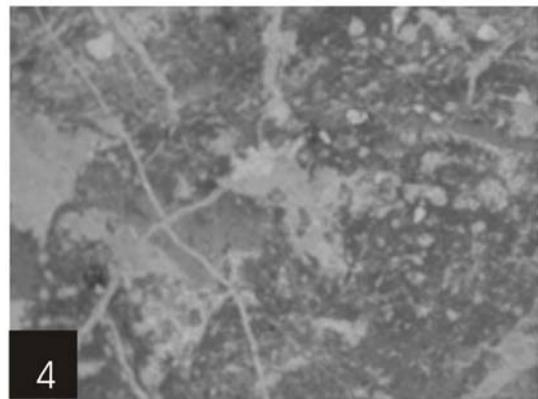
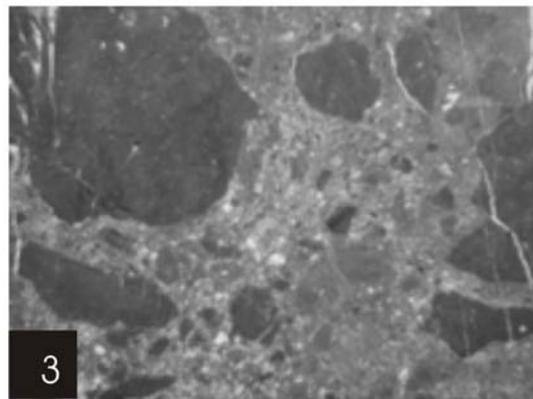
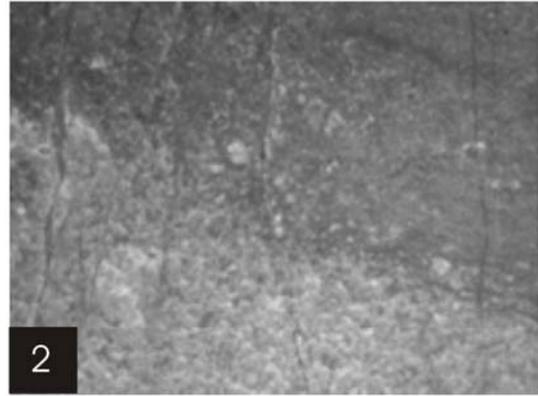
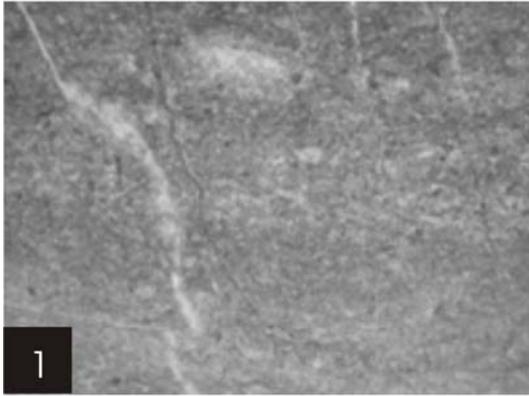


Abb. 9: Faziesschliffe aus dem östlichen Arbeitsgebiet

- (1) Probe AR-9: Feinturbidite in Mikrit, Gutensteiner Dolomit
- (2) Probe AR-10: Gutensteiner Dolomit mit Mikrit und Sparit
- (3) Probe AR-31: Breccie, Gutensteiner Dolomit
- (4) Probe AR-20: Algenlaminit (oberkarnischer Dolomit)
- (5) Probe AR-21: Kataklastit mit Algenresten (oberkarnischer Dolomit)
- (6) Probe AR-23: Algenboundstone mit umkrusteten Komponenten (oberkarnischer Dolomit)

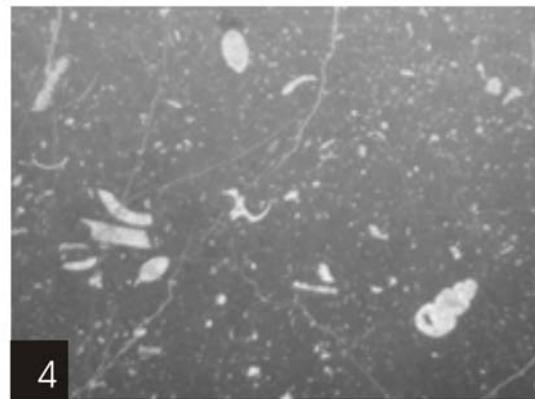
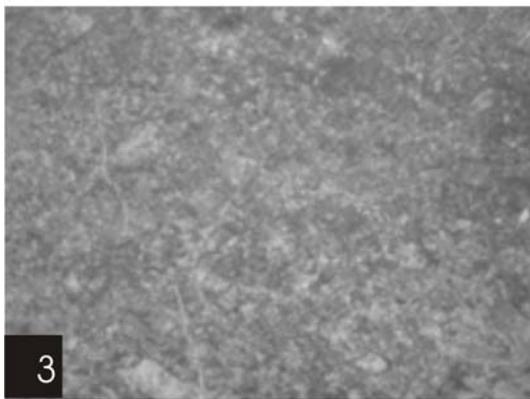
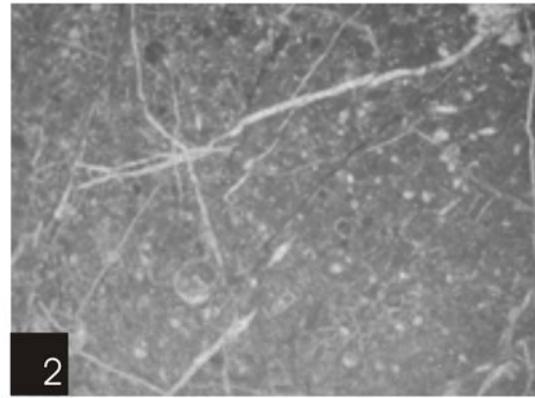
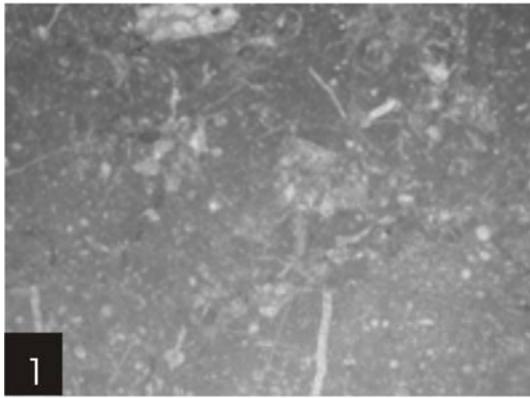


Abb. 10: Faziesschliffe aus dem östlichen Arbeitsgebiet, Dachsteinkalk:

(1) Probe AR-18: altertümlicher Dachsteinkalk mit Foraminiferen und Gastropoden

(2) Probe AR-19: altertümlicher Dachsteinkalk mit Foraminiferen und Gastropoden

(3) Probe AR-25: leicht dolomitisierte Grainstone mit umkrusteten Komponenten, Crinoiden sowie Riffschutt.

(4) Probe AR-26: fragliche Foraminiferen und Gastropoden in Mikrit, rekristallisiert.

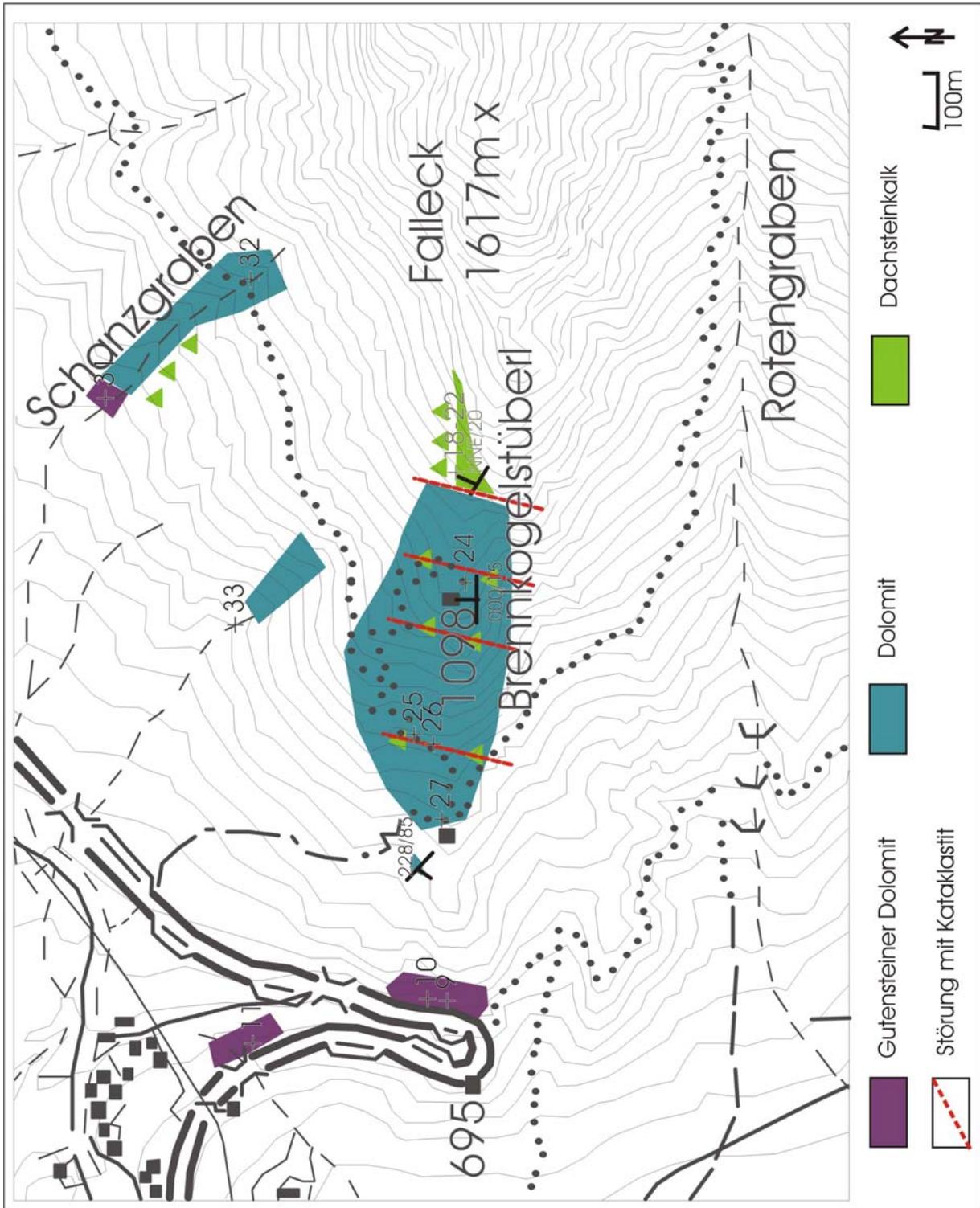


Abb. 11: Karte des Arbeitsgebietes östlich des Hallstätter Sees. Die Zahlen bezeichnen Probennahmestellen beziehungsweise in Kombination mit Streich/Fallzeichen Messwerte.

Die in der Karte in Abb. 11 durch grün gefärbte Dreiecke markierten Stellen bezeichnen Fundstellen von Dachsteinkalk, der nicht eindeutig als anstehend zu identifizieren war, bzw. in Form von Hangschutt vorlag.

Die hier beprobten Gesteine lassen sich trotz ihrer etwas seltsamen, „altertümlichen“ Ausbildung deutlich der Basis der Dachsteinkalk-Entwicklung zuordnen, die Beschreibung der Faziesschliffe befindet sich im Anhang (Tab.)

Nicht angetroffen wurden hier die Gesteine der Raibler Schichten, die laut geolog. Karte, Blatt 96 (SCHÄFFER 1982) östlich des Arbeitsgebietes, in den Nordosthängen des Sarsteins, in Form eines kleinräumigen Aufschlusses existieren sollen. Im hier bearbeiteten Gebiet fehlt jedoch jeglicher Hinweis auf ein Vorhandensein der Raibler Schichten völlig, auch im Hang- und Bachschutt konnten keine entsprechenden Gesteine aufgefunden werden. Die Ursache für das Fehlen dieser Gesteine ist wahrscheinlich tektonisch bedingt.

Probe AR 33 ist eine im Bachschotter gefundene Hornsteinknolle in hellem Kalk, deren genaue Herkunft nicht eruierbar ist.

Tektonik:

Anhand der immer wieder auffindbaren Kataklastit-Zonen konnte eine Schar von parallelen, NNE-SSW verlaufenden Störungen bestimmt werden. Der Einfallswinkel konnte nicht festgestellt werden, ist jedoch eher als steil anzunehmen. Entlang dieser Störungen wurden auch immer wieder mehr oder weniger eingequetschte Blöcke des überlagernden Dachsteinkalkes gefunden, deren Position zum Teil nur schwer durch Schwerkraft zu erklären war. Dies spricht dafür, dass es sich bei den Störungen um Abschiebungen handelt.

Die östlichste dieser parallelen Störungen bildet die Grenze zwischen Wettersteindolomit und Dachsteinkalk. Weiter östlich davon konnte der Kontakt Wettersteindolomit – Dachsteinkalk nicht beobachtet werden aufgrund der Unzugänglichkeit des Geländes. Auch der Kontakt zwischen dem liegenden Gutensteiner Dolomit und dem hellen Dolomit konnte nicht identifiziert werden.

4.6. Arikogel

Wie bereits erwähnt, wurde hier im Gegensatz zu den Profilen im Maßstab 1:5.000 gearbeitet, um trotz der sehr geringen räumlichen Ausdehnung des Arikogels möglichst genaue Ergebnisse zu erhalten.

Angetroffene Einheiten:

Werfener Formation (Skyth):

Diese Formation enthält siliziklastische Ablagerungen der unteren Trias, die zum Teil sehr fossilführend sein können. Typisch sind durch Eisenverbindungen rot oder grün gefärbte Tonschiefer und andere feinkörnige siliziklastische Gesteine.

Im Arbeitsgebiet wurden rötlich gefärbte, fein geschichtete Tonschiefer mit einem generellen Einfallen von ca. 30° nach Süden aufgefunden.

Evaporite:

Evaporitische Gesteine treten am Arikogel nicht direkt zutage. Ihr Vorhandensein konnte indirekt anhand von Indikatorpflanzen nachgewiesen werden. Es ist dies eine spezielle

Gattung von Schachtelhalmen, die lediglich auf evaporitischen Untergrund wächst. Die stratigraphische Stellung der Evaporite konnte aus diesem Grund nicht ermittelt werden. Folgende Möglichkeiten stehen zur Diskussion:

- *Perm* („Haselgebirge“): ein Auftreten von permischen Evaporiten ist hier als eher unwahrscheinlich anzusehen.
- *Evaporite des Reichenhaller Niveaus*: Diese Evaporite aus dem Skyth bilden die Überlagerung der Werfener Formation.
- *Oberkarnische Evaporite*: An der Basis der Opponitzer Formation können Rauhwacken und Gips auftreten (TOLLMANN 1985).

Eine eindeutige Lösung dieser Frage ist mangels Probenmaterial nicht möglich; zur Altersdatierung wäre eine Schwefelisotopenanalyse erforderlich, die notwendigen Proben müssten durch eine Bohrung gewonnen werden.

Oberkarnischer Dolomit:

Tektonisch angrenzend an die unterlagernden Werfener Schichten, tritt auch hier ein heller, komplett rekristallisierter Dolomit auf, dessen stratigraphische Stellung nur anhand der direkten Überlagerung durch Dachsteinkalke festgelegt werden konnte. In diesem Gestein liegt die Vererzung des Arikogels, auf die später noch genauer eingegangen wird.

Die Auswertung der Proben (siehe Anhang, Tab.; Abbildungen 12/1-4) brachte auch hier keine Erkenntnisse zum Alter des Gesteines, dieses konnte lediglich anhand der Überlagerung eingegrenzt werden. Die oberkarnischen Dolomite stammen aus einer Karbonatrampenentwicklung, die die Basis der Dachsteinkalkriffe bildet. Übergänge aus der Rampen- zur Riffentwicklung, wie z.B. in Probe AR 15, sind daher im späten Verlauf der Ablagerung denkbar.

„Dachsteinkalk“:

Als direkte – primäre - Überlagerung des Oberkarn-Dolomites treten einzelne Kalksteinblöcke auf, die beinahe über den gesamten Arikogel verteilt sind. Einige der hiervon genommenen Proben wurden von Herrn F. Schlagintweit bestimmt. *Physoporella jomdaensis* FLÜGEL & MU (1982). (siehe Abb.13/1-3) aus der Probe AR 1 besitzt eine Reichweite von Karn bis Nor. Diese Art wurde erstmalig aus dem Karn von Tibet beschrieben und wurde seitdem nur von GRGASOVIC (1997) aus dem Nor von Kroatien bekannt gemacht. *Griphoporella curvata* (GÜMBEL (1872)) aus der Probe AR 17 (siehe Abb. 13/4) reicht von Nor bis Rhät (BARATTOLO et al. (1993)). Die Beschreibung der Faziesschliffe befindet sich im Anhang (Tab.)

Makroskopisch sowie im Faziesschliff sind die „Dachsteinkalke“ vom Arikogel mit jenen des östlichen Profils identisch, wie auch an den Abbildungen 12/5-6 im Vergleich mit Abbildung 10 zu erkennen ist.

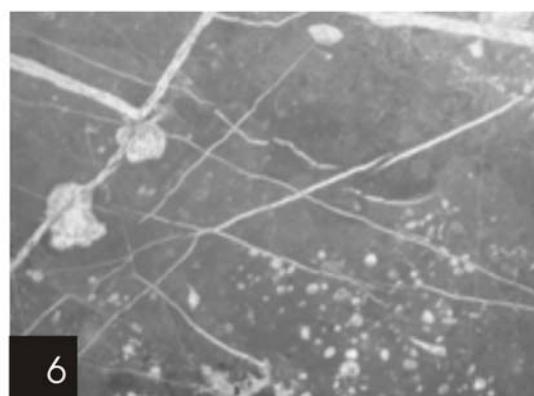
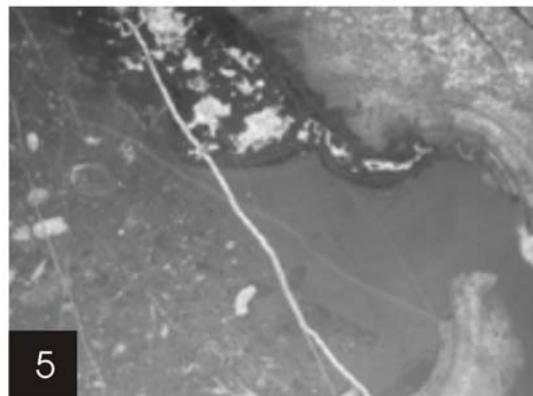
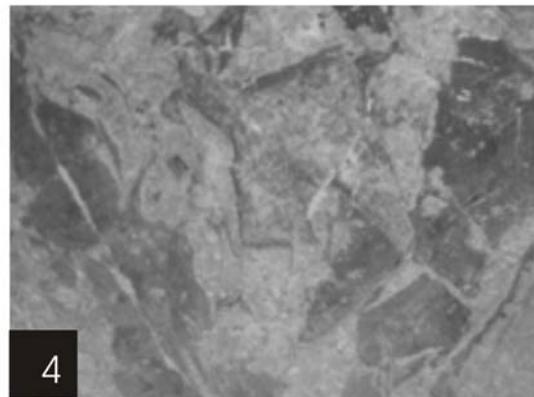
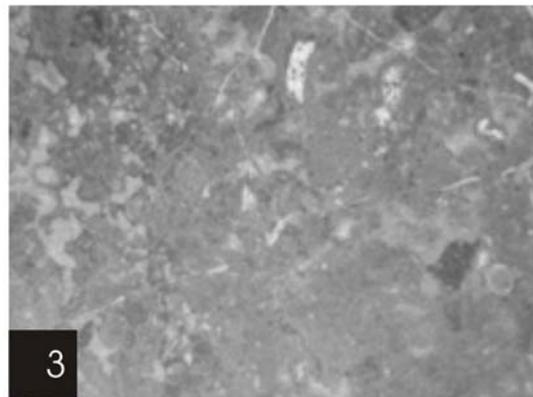
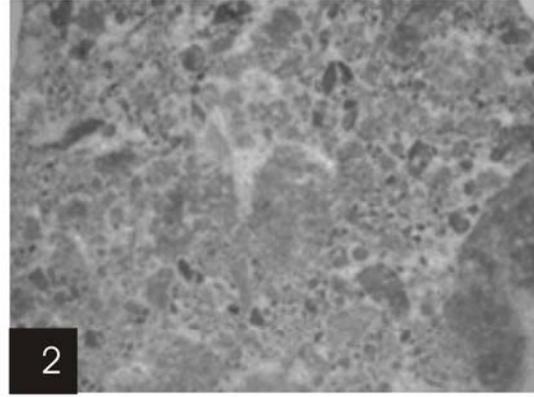
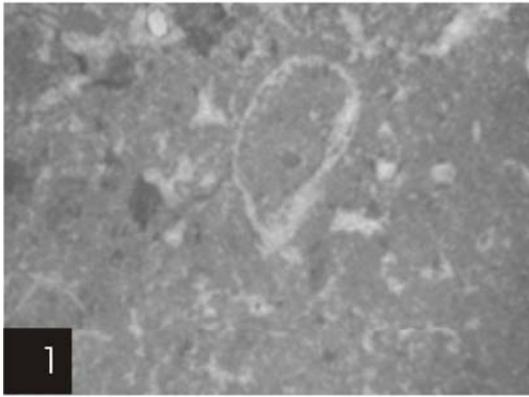


Abb. 12: Faziesschliffe vom Arikogel

- (1) Probe AR-3: rekristallisierter oberkarnischer Dolomit
- (2) Probe AR-12: oberkarnischer Dolomit mit Mikritklasten
- (3) Probe AR-13: bituminöser oberkarnischer Dolomit mit Fenstergefüge, umkrustetem Flachwasserschutt und Algenresten
- (4) Probe AR-15: rekristallisierter oberkarnischer Dolomitekataklastit mit umkrusteten Riffbildnern und Algenkomponenten sowie Crinoidenbruchstücken in Mikrit
- (5) Probe AR-7: lagunärer Algenboundstone mit Foraminiferen, Algenresten und Gastropoden; Dachsteinkalk.
- (6) Probe AR-34: Dachsteinkalk mit Foraminiferen und Ostracoden in Mikrit

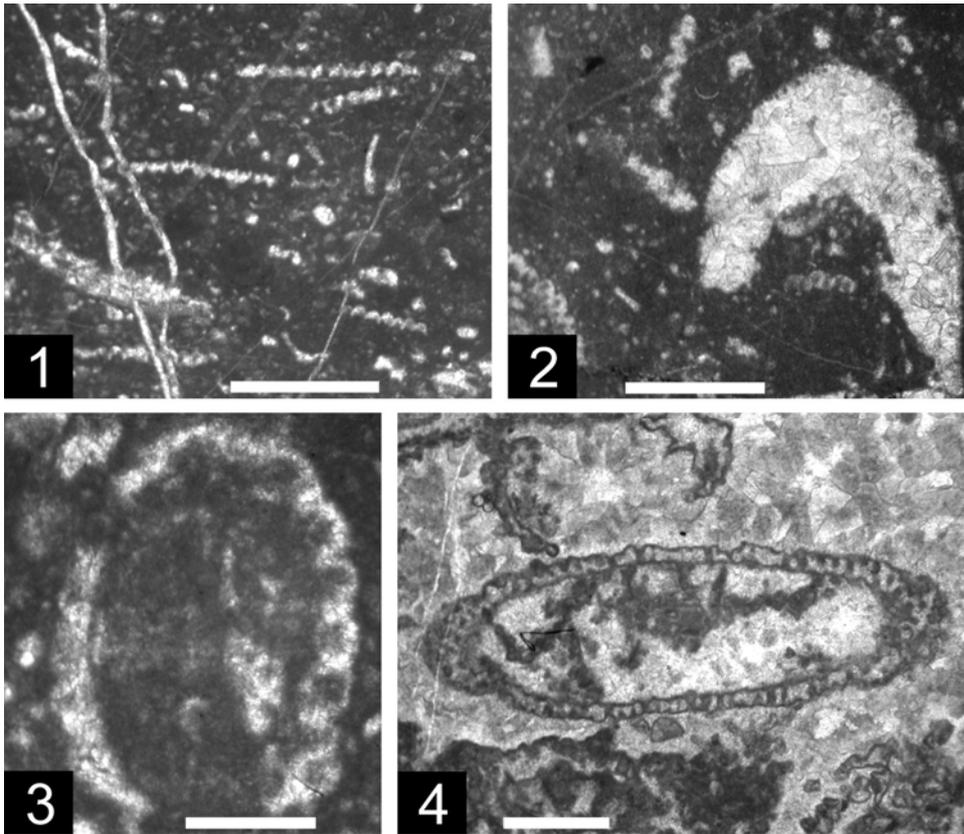


Abb. 13:

Mikroflora des „Dachsteinkalkes“ vom Arikogel

(1) Wackestone mit Resten der Dasycladale *Physoporella jomdaensis* FLÜGEL & MU (1982). Probe AR-1, Maßstab = 2 mm.

(2) *Permocalculus* sp. Probe AR-1, Maßstab = 0,5 mm.

(3) Schrägschnitt von *Physoporella jomdaensis* FLÜGEL & MU (1982). Probe AR-1, Maßstab = 0,5 mm.

(4) Schrägschnitt von *Griphoporella curvata* (GÜMBEL (1872)). Probe AR-17, Maßstab = 1 mm.

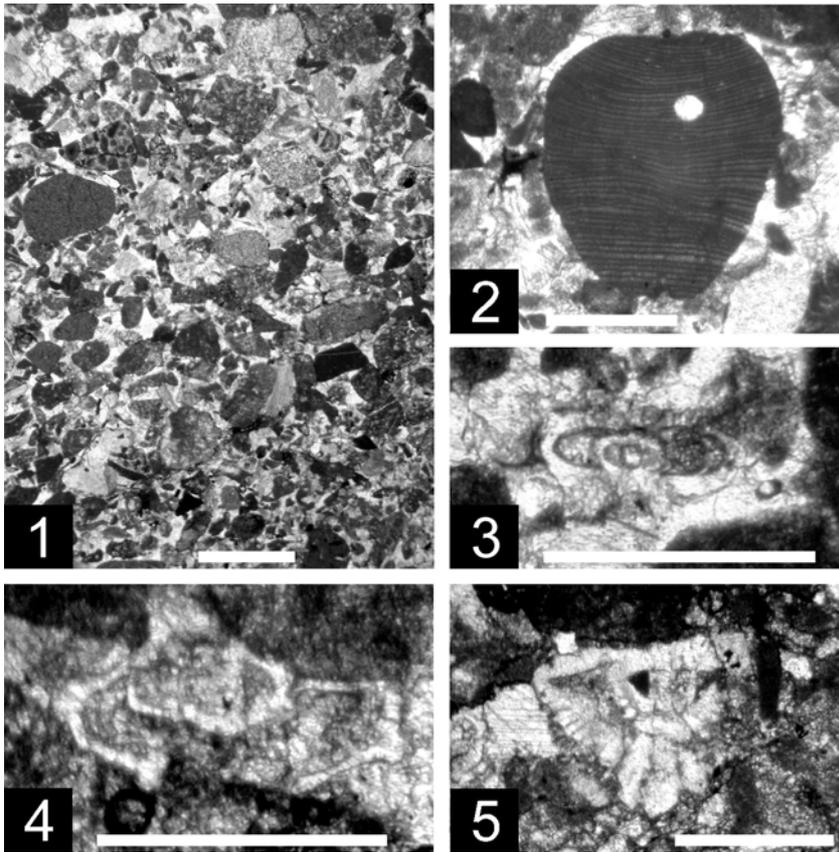


Abb.14:

Gosau-Feinbrekzie vom Arikogel

(1) Feinbrekzie der basalen unteren Gosau-Subgruppe. Probe AR-16, Maßstab = 2 mm.

(2) Corallinaceenrest. Probe AR-16, Maßstab 0,5 mm.

(3) Benthosforaminifere *Gavelinella* sp. Probe AR-16, Maßstab = 0,5 mm.

(4) Planktonforaminifere *Marginotruncana* cf. *pseudolinneiana* PESSAGNO, 1967. Probe AR-16, Maßstab = 0,5 mm.

(5) Benthosforaminifere *Rotalia?* sp. Probe Ar-16, Maßstab = 0,5 mm.

Abb. 15 (nächste Seite): Karte des Arikogels. Die Zahlen bezeichnen Probennahmestellen.

Gosausedimente:

Zwei am Arikogel genommene Proben zeigen ein deutlich jüngeres Gestein aus einem anderen Ablagerungsbereich. Die Altersbestimmung anhand der Faziesschliffe ergab für die beiden Proben die Zugehörigkeit zur Gosau-Gruppe. Die Ablagerung der Gosausedimente steht in direkten Zusammenhang mit der tektonischen Entwicklung in der späten Kreide bis ins frühe Tertiär. Auf dem Deckenstapel der NKA bildeten sich Sedimentbecken mit zunächst fluviatilen bis flachmarinen Ablagerungsbedingungen. Durch rasche Subsidenz aufgrund von subkrustaler Erosion (Subduktion des Penninikums unter das Ostalpin) schlug die Sedimentation zu tiefmarinen Bedingungen um (EBNER (1997)). Als weitere Folge der subkrustalen Erosion wären Extension und Abschiebungen in der Oberplatte zu erwarten. DECKER & WAGREICH (2001) beschreiben von der Typlokalität der Gosauablagerungen, dem Gosaubecken von Gosau, NE-streichende Spalten mit Oberkreide-Sedimentfüllungen, datiert auf oberes Turon bis unterstes Campan. Die Spalten sollen auf NW/SE-gerichtete Extension zurückzuführen sein. Das Vorkommen am Arikogel scheint die gleiche Entstehung zu haben. Das Alter der Sedimente konnte mit *Marginotruncana pseudolinneana* PESSAGNO (1967) (siehe Abbildung 14) auf Turon bis Unter-Santon (WEIDICH (1984)) eingegrenzt werden. Die Beschreibung der Proben erfolgt im Anhang (Tab.)

Tektonik:

Auch am Arikogel konnten mehrere NNE-SSW verlaufende parallele Störungen anhand von Kataklastitaufschlüssen kartiert werden. Häufig sind die Kalkblöcke in der Nähe dieser Störungen anzutreffen, sehr ähnlich wie im östlichen Profil.

Eine mögliche Erklärung zur Entstehung und Datierung dieser Störungen bietet sich durch die Gosau-Spaltenfüllungen, wie oben bereits erwähnt.

5. Die Blei-Zink-Lagerstätte im oberkarnischen Dolomit des Arikogels

5.1. Historische Übersicht über dem Bergbau (nach HASLINGER (1962))

Die Umgebung des Hallstätter Sees ist uralter Kulturboden. Auch in der Nähe des Arikogels gibt es Funde bronzener Geräte und Waffen aus der Hallstatt Zeit.

Schon in der Römerzeit war die Vererzung des Arikogels bekannt, wie zwei römische Stollen beweisen, die an der Südseite des Arikogels im Zuge des Bahnbaues freigelegt wurde. Eine 1876 aufgefundene römische Siedlung sowie Gräber mit reichen Grabbeigaben in der Umgebung des Arikogels zeugen vom Wohlstand der damaligen Bevölkerung.

1801 wurde ein erster Abbauersuch in moderner Zeit unternommen. Der Arikogel wurde von der NE-Seite angefahren, der Betrieb wurde jedoch schon ein Jahr später wieder eingestellt. 1853 erfolgte ein erneuter Vortrieb von der Südseite. Die dabei errichteten Stollen wurden im Zuge des Bahnbaues verschüttet und sind nur noch anhand von Quellaustritten erkennbar. Die beim Bahnbau freigelegten römischen Stollen führten zu weiteren Schurfen an der Südseite des Arikogels, die jedoch nicht fündig waren.

1870-71 wurde der an der NE-Seite liegende Stollen wieder geöffnet und weiter vorgetrieben, bis die Vererzung angetroffen wurde. Neuerlich wurde der Betrieb eingestellt, diesmal aufgrund der schwierigen Verhüttbarkeit des Erzes. Die Schmelzhütte beim Anwesen „Untersee 3“ ist nicht mehr erhalten, auch Schlackenreste sind nicht mehr aufzufinden.

1934 wurde der Stollen im Zuge einer Arbeitsbeschaffungsaktion erneut geöffnet und die im Werfener Schiefer verlaufende Eingangsstrecke neu verzimmert. Ein Abbau kam wegen angeblicher Unrentabilität nicht zustande.

1950 wurde der vorhandene Grubenbau von L. Kefer und drei Kollegen von der Berg- und Hüttenschule Leoben im Zuge einer Abschlußarbeit bergbautechnisch aufgenommen. E. Haslinger, der den Stollen acht Jahre später im Zuge seiner Dissertation erneut begehen wollte, fand die im Werfener Schiefer verlaufende Eingangsstrecke bereits verstürzt vor.

Heute ist von jenem an der NE-Seite gelegenen Eingang nichts mehr zu finden. Ein etwa 20m langer Schurfstollen von sehr kleinem Querschnitt (ca. 0,5 mal 1 m) an der E-Seite des Kogels, ein ähnlicher Schurf von etwa 2 m Länge an der Südseite nahe der westlichen Bahnunterführung, ein vermauerter Stolleneingang an der SW-Seite sowie ein seltsames Lüftungsrohr offenbar jüngeren Datums (blaues Plastikrohr, mit Holzbrettern verkleidet) im Bereich des Gipfels sind die einzigen erkennbaren Überbleibsel des Bergbaues.

Erzproben konnten ebenfalls nicht mehr aufgefunden werden. GÖTZINGER (1985) unterscheidet insgesamt 5 verschiedene Erztypen mit wechselndem Zinkblende-Bleiglanz-Verhältnis und verschiedenen Nebenmineralen wie Cerussit und Pyrit sowie eine Breccienvererzung mit Zinkblende, Bleiglanz, Pyrit, Cerussit und Anglesit. Weiters beschreibt er Azurit- und Malachitvorkommen in Klüften nahe dem (verstürzten) Mundloch. Fluoritmineralisationen werden in keiner Quelle erwähnt.

Zur Einstellung des Bergbaues gibt es mehrere Erklärungen; HASLINGER (1962) gibt die schwierige Verhüttbarkeit des Erzes sowie später Unrentabilität als Grund an, MOHAMED ALI (1963) führt das Ende des Abbaues auf das Erreichen des Grundwasserspiegels zurück.

5.2. Allgemeines zur Bildung von Blei-Zink-Lagerstätten

Gemeinsam ist den zahlreichen kleinen Blei-Zink-Lagerstätten und -Vorkommen in den NKA der Streit um ihre Entstehung und Datierung. Einerseits sind die meist komplett rekristallisierten Dolomite, an welche die Lagerstätten stets gebunden sind, schwer bis kaum direkt zu datieren, lediglich durch ihre liegenden und hangenden Gesteine lassen sie sich einordnen. Andererseits ist auch die Bildung der Erzlagerstätten selbst noch nicht eindeutig geklärt. Viele Lagerstätten zeigen zwar ähnliche Strukturen, diese sind jedoch häufig in verschiedenen Richtungen zu deuten und passen häufig nicht nur zu einer der verschiedenen Theorien.

Weitere Streitfragen stellen die Herkunft und das Alter der erzführenden Lösungen dar.

Sehr allgemein gehalten ist der Ansatz von WALTHNER (1982), der alle alpidischen, an mitteltriassische Karbonate gebundenen Blei-Zink-Lagerstätten in Zusammenhang mit dem mitteltriassischen, intermediären bis sauren Vulkanismus bringt. Bleiisotopenmessungen an den Erzen der Lagerstätte Bleiberg zeigen, dass das Erzblei eine Zusammensetzung aufweist, die weder dem Blei der vererzten Gesteine noch dem in den Vulkaniten enthaltenen Blei entspricht und aszendent-hydrothermalen Ursprungs ist.

Eine differenziertere Betrachtung der Möglichkeiten zur Erzbildung liefert EXEL (1993) anhand von unterschiedlichen Modellen für die Lagerstätte Lafatsch-Vomperloch. Das erste Modell sieht eine synsedimentäre Entstehung der Lagerstätte vor. Dies setzt Vulkanismus als synsedimentär-exhalative Metallquelle voraus, wofür in den vererzten Gebieten bislang keine stichhaltigen Beweise gefunden wurden.

Zwei weitere Modelle gehen von späterer Erzzufuhr und –ausfällung in vorhandenen Hohlräumen aus, jedoch zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Die erste Theorie sieht das Einsetzen einer dreiphasigen Vererzung nach dem „Zerbrechen der Trias-Karbonatplattform“ im Cordevol (das sogenannte Raibl Event, eigentlich ein Drowning, siehe Abb. 6) vor, wobei sich metallhaltige Lösungen aus Paläoaquiferen in vorhandenen Hohlräumen und entlang von vorhandenen Störungszonen ausgebreitet haben sollen. Auch eine Ausbreitung bis in den Flachwasserbereich ist hier denkbar. EXEL (1993) versucht hier, von einer streng einphasigen Vererzung abzukommen und das Modell anhand der verschiedenartigen Erztypen und Vererzungsstrukturen weiterzuentwickeln. Mehrphasige Vererzungsprozesse, die durch Tektonik, Fluidaufstieg, Sedimentation, Diagenese, Abtragung und Resedimentation beeinflusst werden, führen demnach zu komplexen, schwer deutbaren Lagerstätten, die als synsedimentär-syntektonisch bezeichnet werden können. EXEL (1993) postuliert, dass die Bildung der an triassische Karbonate gebundenen Blei-Zink-Lagerstätten von tektonischen Ereignissen kontrolliert wurde, in deren Rahmen auch eine synsedimentäre Anreicherung von Erzen in Form von schichtkonkordanten Erzkörpern möglich war, neben der Bildung von schichtdiskordanten Erzgängen, Adern und schlauchförmigen Erzkörpern.

Die zweite von EXEL (1993) dargestellte Theorie, aufgestellt von ZEEH & BECHSTÄDT (1989), verfolgt den gleichen Ansatz, bringt die erzführenden Lösungen und damit das Alter der Erzbildung jedoch mit der unterkretazischen „eoalpinen Metamorphose“ in Zusammenhang. EXEL (1993) merkt zu dieser Theorie an, dass es unwahrscheinlich ist, dass zu dieser Zeit jene nicht rupturrell bedingten Hohlräume, an denen viele der Vererzungen gebunden sind, noch existierten. Gesicherte Temperaturüberprägungen fanden im Oberjura, an der Jura/Kreide-Grenze sowie vor rund 100-90 Mio. Jahren („Eoalpine Metamorphose“) statt.

Ein etwas einfacherer Überblick findet sich in der Beschreibung der metallogenetischen Einheiten in WEBER et al. (1997). Auf eine Unterscheidung nach der Herkunft der

erzbringenden Wasser wird hier verzichtet, lediglich nach dem Zeitpunkt der Vererzung (syngenetisch oder epigenetisch) wird unterschieden.

Die Theorie der sedimentär-exhalativen Entstehung fordert die Bildung der Erzkörper gleichzeitig mit der Ablagerung der umgebenden Karbonate. Die im westlichen Teil der NKA bis zu 200 m Ausdehnung erreichenden stratiformen Erzkörper im Wettersteindolomit sind damit gut zu erklären. Spärlich auftretende schichtdiskordante Erzgänge, wie etwa bei Nassereith (SCHULZ & SCHROLL (1997)) werden als submarine Zufuhrkanäle gedeutet, welchen für die Inhomogenität der Lagerstätten ein bedeutender Einfluss zugeschrieben wird. Diagenetische Prozesse beeinflussen die primären sedimentären Strukturen der Lagerstätten. Metasomatische Beeinflussung der Erzkörper kann beobachtet werden, die für sedimentäre Bildung typischen Strukturen dominieren jedoch.

Einen anderen Ansatz, vertreten z. B. von CERNY (1984, 1989), verfolgt die Theorie der hydrothermal-metasomatischen Genese. Hierfür wird eine posttriadische Zufuhr von Erzlösungen postuliert, die in vorhandenen Porenräumen, Paläokarst und entlang von tektonisch beeinflussten Zonen zur Vererzung führt. Dies sollte jedoch eine an verschiedene Niveaus gebundene Vererzung verursachen.

Eine weitere Theorie, die für die der Gutensteiner Formation zugerechneten Lagerstätten der östlichen NKA angenommen wird, ist die Genese durch intraformationale Anreicherung (GÖTZINGER (1997)) bei „anchizonaler Überprägung“ der bereits erzhöffigen Ausgangsgesteine. Die Lagerstätten befinden sich immer in der Nähe großer tektonischer Linien, wie z. B. Deckengrenzen, und weisen eine anchizonale Metamorphose mit Temperaturen um 300°C auf, der Druck soll bei etwa 1kb gelegen sein. Diese Bedingungen treten bevorzugt am Südrand der NKA auf. GÖTZINGER (1997) beschreibt den Arikogel als typischen Vertreter dieses Lagerstättentyps in Gutensteiner Dolomit. Da aus den Metamorphosedaten des Dachsteinblockes hervorgeht, dass dieser Teil der NKA weitgehend nicht metamorph überprägt wurde, ist diese Theorie für den Arikogel in Frage zu stellen, weiters konnte das erzhöffige Gestein eindeutig als dem Oberkarn zugehörig angesprochen werden. Nimmt man an, dass die Theorie von GÖTZINGER zutrifft, so müsste der Arikogel transportiert und somit ein Teil der Hallstätter Zone sein und überdies metamorphe Überprägung aufweisen. Die Schichtfolge der Hallstätter Zone umfasst jedoch, wie in Abb. dargestellt, pelagische Sedimente, in denen die am Arikogel auftretenden lagunären, hellen Ober-Trias-Dolomite nicht auftreten können.

Ein weiteres Indiz gegen diese Theorie ist die Tatsache, dass in den an die Gutensteiner Formation gebundenen Lagerstätten Fluorit immer einen Bestandteil der Mineralisation bildet. So führen auch die in der Pötschenkehre aufgeschlossenen Gutensteiner Dolomite Lagen mit rosa gefärbtem Fluorit, während solche Ausbildungen am Arikogel vollständig fehlen. Auch die Literatur liefert keine Hinweise auf Fluoritmineralisationen.

Die in WEBER et al. (1997) gegebene Beschreibung der im Westen Österreichs verbreiteten Lagerstätten deckt sich sehr gut mit den von HASLINGER (1962) beschriebenen Erzstrukturen des Arikogels. Dieser bringt anhand seiner detaillierten Untersuchungen von Erzproben des Arikogels deutliche Argumente für eine sedimentär-exhalative Entstehung dieser Lagerstätte, einen hydrothermal-metasomatischen Einfluss kann er jedoch nicht vollständig ausschließen. KEFER (1950) war in seiner Abschlussarbeit noch von einer rein hydrothermal-metasomatischen Bildung ausgegangen.

Lagerstätten des genannten Typs zeigen keine oder nur geringfügige metamorphe Überprägung, was – wie aus den Metamorphosedaten der NKA anhand von CAI-Werten (Conodont Colour Alteration Index) hervorgeht – ebenfalls auf die zum Nördlichen Dachsteinblock zu zählenden Gesteine des Arikogels zutreffend ist. Eine Isotopenanalyse von

Erzproben des Arikogels und der Vergleich mit weiteren Lagerstätten dieses Typs könnte hier Klarheit verschaffen, ist mangels Erzproben jedoch wohl nicht mehr durchführbar.

Anhand von Isotopendaten verschiedener Elemente (Blei, Schwefel, Strontium, Kohlenstoff und Sauerstoff), vor allem aus der Lagerstätte Bleiberg (im Nördlichen Drauzug gelegen), entwickelte SCHROLL (2005) ein Modell der „Alpine-type Pb-Zn-deposits“ (APT), auch Vererzung vom Typ Bleiberg genannt. Als charakteristische Merkmale nennt er eine homogene Bleiisotopenverteilung, die stratigrafische Kontrolle, sedimentäre Erztexturen, Neben- und Spurenelementgeochemie, isotopisch verarmte Sulfidschwefelisotopie, die Tätigkeit sulfidreduzierender Bakterien in früh-genetischen Erzen, saline Erzfluide sowie Fluid-Gestein-Interaktion bei niedrigen Temperaturen. Im Gegensatz zu den MVT-(Mississippi Valley Type)-Lagerstätten, bei denen die Vererzung lange nach der Ablagerung der umgebenden Sedimente gebildet wird sowie unter Einfluß von Erdöl- oder Kohlenbegleitwässern, soll es sich bei APT-Lagerstätten um niedrigtemperierte Lagerstätten handeln. Die Erze wurden oberflächennah auf einer Karbonatplattform abgelagert und zeigen keine thermische Sulfatreduktion.

Wichtig erscheint hier vor allem die Sulfatreduktion durch Bakterien. HASLINGER (1962) beschreibt aus Proben des Arikogels Erzstrukturen, die er als „vererzte Schwefelbakterien“ deutet. Eine weitere Arbeit von KUCHA et al. (2005) beschreibt – erneut von der Lagerstätte Bleiberg – Erzstrukturen, die auf Bakterientätigkeit hinweisen sollen.

Wie oben bereits erwähnt, existieren praktisch keine Isotopendaten von Erzen des Arikogels, lediglich SCHROLL (1997) führt $\delta^{34}\text{S}(\text{CDT } \text{‰})$ -Werte von zwei Erzproben vom Arikogel an, lässt diese jedoch ungedeutet. Isotopendaten wären für eine eindeutige Zuordnung zu einem Lagerstättentyp und damit zur Klärung der Genese notwendig. Anhand der vorliegenden Daten aus Anschliffen kann lediglich eine Verwandtschaft zu den Lagerstätten des APT-Typs angenommen werden. Hinweise darauf sind die Bindung an einen stratigraphischen Horizont, in diesem Fall Oberkarn im Gegensatz zu den sonst vrbreiteten unterkarnischen Wetterstein- und Raibl-Vererzungen, sowie die von HASLINGER (1962) beschriebenen sedimentären und bakteriellen Strukturen.

6. Diskussion der Ergebnisse

Ein Vergleich der unterschiedlichen Literaturangaben bezüglich der Stratigraphie des Arikogels vermag kaum Klarheit zu bringen. Einmal der Gutensteiner Formation zugeordnet, die im sedimentären Verband mit den benachbarten Werfener Schichten zu sehen ist, und als anchizonal überprägte Lagerstätte dargestellt (GÖTZINGER (1985) sowie GÖTZINGER (1997)). Einmal der Wetterstein Formation zugeordnet mit unklarer Grenzziehung zu den Werfener Schichten (Geologische Karte der Rep. Österreich, Blatt 96 Bad Ischl, erschienen 1982), oder aber dem Wettersteinkalk und Ramsaudolomit mit tektonischer Grenzziehung zu den Werfener Schichten (MOHAMED ALI (1963)). Ein weiteres Mal sogar noch unterteilt in Gutensteiner und Ramsaudolomit (HASLINGER (1962)), die ebenfalls in sedimentärem Zusammenhang mit den Werfener Schichten stehen sollen.

Genauso unklar scheint die Zuordnung zu einem Deckensystem zu sein. Ursprünglich als Deckscholle der Hallstätter Schuppenzone betrachtet (MEDWENITSCH (1949)), deutete HASLINGER (1962) bereits eine mögliche Zugehörigkeit zur Dachsteindecke (heute Dachsteinblock) an. Die Geologische Karte (Blatt 96 Bad Ischl, SCHÄFFER 1982) zieht die Deckengrenze nördlich des Arikogels und stellt diesen damit zum Dachsteinblock. Weitere Quellen schweigen beharrlich, was die Zugehörigkeit zu dem einen oder anderen Deckensystem betrifft.

Betrachtet man die Literaturangaben mit den Ergebnissen der eigenen Geländearbeit, tauchen zahlreiche Fragen auf. Durch die Datierung anhand der Flachwasserorganismen konnte die stratigraphische Frage und letztlich auch die Zugehörigkeit zum Dachsteinblock gelöst werden.

Für das Profil westlich des Hallstätter Sees konnte die bisher bekannte Abfolge aus Wettersteindolomit, Raibler Schichten und der Überlagerung aus Hauptdolomit und norischem Dachsteinkalk, wie sie GROTTENTHALER (1978) sowie die geologische Karte (SCHÄFFER (1982)) beschreiben, bestätigt werden. Es scheint sich jedoch auch hier um eine nicht vollständige Schichtfolge zu handeln, da der Wettersteinkalk fehlt (bzw. als Dolomit ausgebildet ist) und die Mächtigkeit der Raibler Schichten reduziert erscheint. Dies weist auf Tektonik hin, die sich in der Schichtfolge am Sarstein ebenfalls vermuten lässt.

Etwas komplexer gestaltet sich das Bild an den nordwestlichen Abhängen des Sarsteins. Die treffendste Beschreibung liefert wohl KITTL (1903): eine Abfolge von Gutensteiner Kalk, stratigraphisch undefiniertem (undefinierbarem?) Dolomit und Dachsteinkalk. Gutensteiner Kalk konnte zwar nicht kartiert werden, dafür wurde aber der entsprechende Dolomit angetroffen. Die von SCHÄFFER (1976) für diesen Bereich postulierte vollständige Schichtfolge mit Raibler Schichten muss mangels Auffindbarkeit letzterer in Frage gestellt werden. Eine tektonische Ursache der Schichtlücke ist aufgrund des vermutlich erneuten Auftretens östlich des Arbeitsgebietes anzunehmen.

Wie in Kap. 4.5. beschrieben, ergeben sich mehrere Möglichkeiten zur Ansprache des „undefinierten Dolomites“. Vergleicht man dieses Gestein mit jenem am Arikogel auftretenden Dolomit und schließt man auch die Überlagerung durch den altertümlichen Dachsteinkalk (höchstes Karn bzw. tiefstes Nor, entsprechend der Datierung am Arikogel) sowie die Tektonik in die Betrachtung mit ein, so ergeben sich durchaus Hinweise auf einen ursprünglichen Zusammenhang dieser Bereiche. Ein Hinweis sind jene steilstehenden, NNE-SSW streichenden Kataklastizone, die in beiden Gebieten praktisch gleichartig auftreten. An die Störungen gebundene Gosaugesteine konnten zwar nur am Arikogel gefunden werden, ein Auftreten solcher Sedimente am Sarstein kann jedoch nicht mit Sicherheit ausgeschlossen

werden. Das Auftreten der altertümlichen Dachsteinkalke unmittelbar über den Dolomiten selbst ist als weiterer Hinweis zu sehen, dass es sich möglicherweise um ein ursprünglich zusammenhängendes Gebiet handeln könnte. Ein endgültiger Beweis in Form einer Datierung fehlt jedoch und ist – wie weiter vorne bereits erläutert – auch sehr schwer zu erbringen. Unklar bleibt auch die tektonische Stellung der am Arikogel auftretenden Werfener Schichten. Ihre Abgrenzung zu den erzführenden Gesteinen des Arikogels ist eindeutig als tektonisch anzusprechen, unklar bleibt jedoch, ob es sich um die zum ursprünglich ungestörten Schichtstapel des Dachsteinblocks gehörenden Werfener Schichten handelt oder ob diese Gesteine ursprünglich das Liegende eines heute an anderer Stelle liegenden Schichtstapels handelt. Da Werfener Schichten auch weiter östlich im Liegenden der Gutensteiner Dolomite des eigentlichen Dachsteinblockes auftreten, ist ersteres als wahrscheinlich anzunehmen.

7. Ökonomische Bedeutung

Die ökonomische Bedeutung des Blei-Zink-Vorkommens am Arikogel scheint aus heutiger Sicht gering zu sein. Betrachtet man die Geschichte des Abbaues, so findet man nach kurzer Schurf- und Abbautätigkeit bald wieder eine Einstellung des Betriebes, aus welchem der angeführten Gründe auch immer. Vor allem der Hinweis auf die Einstellung aufgrund des Erreichens des Grundwasserspiegels lässt vermuten, dass das Vorkommen oberhalb des Grundwasserspiegels und damit der mit vertretbaren Mitteln abbaubare Erzkörper erschöpft ist. Das Vorkommen – von einer Lagerstätte kann wohl nur schwer gesprochen werden – kann also keine große räumliche Erstreckung aufweisen.

Eine Fortsetzung des Vorkommens nach Westen hin ist nicht zu erwarten. Die am Arikogel anstehenden Gesteine treten hier nicht zutage, eine Vererzung könnte jedoch – wie in den westlichen Kalkalpen anzutreffen – an die Wetterstein-Formation gebunden sein. Denkbar wäre auch eine Vererzung in der Überlagerung der Raibler Schichten, also analog zur Vererzung des Arikogels. Diese Schicht ist in der Geologischen Karte, Blatt 96 (SCHÄFFER (1982)) als Hauptdolomit ausgeschieden.

Eine Fortsetzung der Vererzung nach Osten hin ist dann denkbar, wenn der am Sarstein auftretende Dolomit jenem am Arikogel gleichgestellt werden kann. Dies kann nur, wie bereits erwähnt, mithilfe einer Datierung von Flachwasserorganismen geschehen. Bedenkt man, wie viele Kleinlagerstätten in den Kalkalpen seit historischen Zeiten bekannt sind, ist das Auftreten einer bisher unbekanntes Blei-Zink-Großlagerstätte in oberflächennaher Position jedoch als sehr unwahrscheinlich zu bezeichnen.

8. Ausblick

Wie so oft, konnte auch diese Arbeit lediglich in Teilbereichen Antworten finden und dafür auch neue Fragen aufwerfen. Die stratigraphische Stellung der erzführenden Gesteine des Arikogels konnte anhand von Flachwasserorganismen eindeutig als dem Oberkarn zugehörig bestimmt werden sowie die Zugehörigkeit zum Dachsteinblock bestätigt werden. Unklar bleiben die tektonische Stellung der Werfener Schichten im Liegenden des Wettersteindolomites sowie die stratigraphische und tektonische Stellung der Evaporite im Liegenden des Arikogels.

Genauer zu erkunden wären des Weiteren die Flanken des Sarsteins, um die stratigraphische Stellung der Dolomite zu bestimmen und damit auch die Tektonik in diesem Gebiet abzulären.

Wünschenswert, jedoch mangels Erzproben nicht mehr durchführbar wären eine Blei- und Schwefelisotopenanalyse der Erze und der anschließende Vergleich mit den ähnlichen Vorkommen im Westen Österreichs, um die Ähnlichkeiten zu diesen Lagerstätten auch anhand der Erze zu beweisen.

Danksagung

Danke an meine Eltern und Familie, ohne deren großzügige Unterstützung in jeder Hinsicht dieses Studium nicht möglich gewesen wäre.

Danke an das Team des Institutes für Sedimentologie und Prospektion der Montanuniversität Leoben, allen voran Herrn Prof. Dr. Hans-Jürgen Gawlick, für die hervorragende Betreuung, Herrn Siegfried Schider vom Institut für Geologie und Lagerstättenkunde für die freundliche Unterstützung bei Laborarbeiten, sowie an Herrn Dr. F. Schlagintweit in München für die schnelle Bestimmung der Flachwasserorganismen in den Faziesschliffen, und Herrn Prof. Volker Diersche für die hilfreichen Diskussionen während der Salzkammergutexkursion im Juni 2006.

Danke auch an meine Studienkollegen, Mitbewohner und Freunde für Diskussion, Motivation und Aufheiterung, sowie an jene Zweifler, die mir den nötigen Ansporn für diese Arbeit gegeben haben, ohne es zu wissen.

Die Arbeit wurde mit finanzieller Unterstützung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt.

Literatur

- BARATTOLO, F., DE CASTRO, P. & PARENTE, M. (1993): Some remarks on *Griphoporella curvata* (GÜMBEL 1872) PIA 1915, dasycladacean green alga from the Upper Triassic. – [In: BARATTOLO, F., DE CASTRO, P. & PARENTE, M. (Eds.), Studies on fossil benthic algae], Boll. Soc. Paleont. Ital., Spec. Vol. 1: 23-45, Modena.
- CERNY, I. (1984): Pb-Zn-Vererzungen in den Nordtiroler Kalkalpen. – Unveröffentl. Bericht (Lagerstättenarchiv Geol. B.-A.), Bad Bleiberg.
- Cerny, I. (1989): Die karbonatgebundenen Blei-Zink-Lagerstätten des alpinen und außeralpinen Mesozoikums – Die Bedeutung ihrer Geologie, Stratigraphie und Faziesgebundenheit für Prospektion und Bewertung. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 11, 5-25, Wien
- DECKER, K. & WAGREICH, M. (2001): Sedimentary tectonics and subsidencs modelling of the type Upper Cretaceous Gosau basin (Northern Calcareous Alps, Austria). - Int. Journ. Earth Sci., 90, 714-726, Berlin.
- EBNER, F. (1997): Die Geologischen Einheiten Österreichs und ihre Rohstoffe. – In: WEBER, L. (Hrsg.) (1997): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs (Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte von Österreich 1: 500 000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe). – Archiv für Lagerstättenforschung, Band 19: 49-229; Wien.
- EXEL, R. (1993): Die Mineralien und Erzlagerstätten Österreichs. - Wien
- FLÜGEL, E. & MU, X. (1982): Upper Triassic Dasycladaceae from Eastern Tibet. - Facies, 6: 59-74, Erlangen.
- FRISCH, W. & GAWLICK, H.-J. (2003): The nappe structure of the central Northern Calcareous Alps and its disintegration during Miocene tectonic extrusion - a contribution to understanding the orogenic evolution of the Eastern Alps. - Int. Journ. Earth. Sci., 92: 712-727, (Springer) Berlin.
- Gawlick, H.-J. (2000): Paläogeographie der Ober-Trias Karbonatplattform in den Nördlichen Kalkalpen. - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 44: 45-95, Wien.
- GAWLICK, H.-J. & FRISCH, W. (2003): The Middle to Late Jurassic carbonate clastic radiolaritic flysch sediments in the Northern Calcareous Alps: sedimentology, basin evolution and tectonics - an overview. – N. Jb. Geol. Pal. Abh. 230: 163-213, Stuttgart.
- GAWLICK, H.J., KRYSZYN L. & LEIN, R. (1994): Conodont colour alteration indices: Paleotemperatures and metamorphism in the Northern Calcareous Alps – a general review. – Geol. Rundschau, 83: 660-664, Berlin.
- GAWLICK, H.-J., SUZUKI, H. & SCHLAGINTWEIT, F. (2006): Die Ober-Trias- und Jura-Sedimentgesteine der Sarsteinalm und deren Bedeutung für die tektonische Gliederung des Dachstein-Blockes (Salzkammergut, Nördliche Kalkalpen, Österreich). – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 239: 101-160, Stuttgart.
- GÖTZINGER, M.A. (1985): Mineralisation in den Gutensteiner Schichten (Anis) in Ostösterreich - Ein Überblick. - Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt, Wien
- GÖTZINGER, M.A. (1997): Pb-Zn-Erzberzirk Karn östliche Kalkalpen. – In: WEBER, L. (Hrsg.) (1997): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs (Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte von Österreich 1: 500 000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe). – Archiv für Lagerstättenforschung, Band 19: 360; Wien.
- GÖTZINGER, M.A. (1997): Pb-Zn-Erzberzirk Anis östliche Kalkalpen. – In: WEBER, L. (Hrsg.) (1997): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs (Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte von Österreich 1: 500 000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe). – Archiv für Lagerstättenforschung, Band 19: 359-360; Wien.
- GRGASOVIC, T. (1997): Upper Triassic biostratigraphy and algae from Zumberak (Croatia). - Geol. Croatica, 50/2: 201-214, Zagreb.

- GROTTENTHALER, W. (1978): Die Raibler Schichten der Nördlichen Kalkalpen zwischen Salzach und Pyhrnpass (lithifazielle, sedimentologische und paläogeographische Untersuchungen). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **25**: 11-33, Wien.
- GÜMBEL, C.W. (1872): Die sogenannten Nulliporen (*Lithothamnium* und *Dactylopora*) und ihre Beteiligung an der Zusammensetzung der Kalkgesteine. Zweiter Theil: Die Nulliporen des Thierreichs (Dactyloporidae) nebst Nachtrag zum ersten Theile. - Abh. Bayer. Akad. Wiss., math. Naturwiss. Kl., 11, Anth. I: 231-290, München.
- HASLINGER, E. (1962): Geologisch lagerstättenkundliche Untersuchungen von 7 Erzvorkommen im weiteren Raume des südlichen Salzkammergutes. – Dissertation, Wien.
- KEFER, L., DUMFAHRT, H., HAISCHBERGER, J., TISCHLER, K. (1950): Bergbauliche Aufnahme des Arikogels am Hallstätter See. – Abschlussarbeit Berg-Hüttenschule, Leoben.
- KITTL, E. (1903): Geologische Exkursionen im Salzkammergut (Umgebung von Ischl, Hallstatt und Aussee). – 9. Int. Geol. Kongress., Exk.führer, **4**: 1-118; Wien.
- KUCHA, H., SCHROLL, E. & STUMPFL, E.F. (2005): Fossil sulphate-reducing bacteria in the Bleiberg lead-zinc- deposit, Austria. *Mineralium Deposita*, **40**: 123-126; (Springer) Berlin.
- MANDL, G.W. (2000): The Alpine sector of the Tethyan shelf – Examples of Triassic to Jurassic sedimentation and deformation from the Northern Calcareous Alps. – Mitt. Österr. Geol. Ges. **92**: 61-77; Wien.
- MEDWENITSCH, W. (1949): Die Geologie der Hallstätterzone von Ischl – Aussee. – Ges. d. Geol. U. Bergbaustud. **1/2**, Wien.
- MOHAMED ALI, A. (1963): Als geologische Meldearbeit wollen Sie eine Detailaufnahme des alten Erzscharfgebietes Arikogel am Nordende des Hallstätter Sees durchführen. – Unveröffentlichter Bericht, Leoben.
- PESSAGNO, E.A., JR. (1967): Upper Cretaceous planktonic foraminifera from the western Gulf coastal Plain.- *Palaeontogr. Amer.*, **5**: 245-445.
- PESTAL, G. & HEJL, E. (2005): Geologische Karte von Salzburg 1:200.000. – Geologische Bundesanstalt, Wien.
- SCHÄFFER, G. (1976): Einführung zur Geologischen Karte der Republik Österreich. Blatt 96 Bad Ischl. – In: GATTINGER, T., SCHÄFFER, G., v. HUSEN, D. & DRAXLER, I. (Hrsg.): Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1976 Bad Ischl. – 6-26; Geol. Bundesanstalt, Wien.
- SCHÄFFER, G. (1982): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000, 96 Bad Ischl. - Geol. B.-A. 1982, Wien.
- SCHROLL, E. (2005): Alpine type Pb-Zn-deposits (APT) hosted by Triassic carbonates. – in: MAO J. & BIERLEIN, F.P. (2005): *Mineral Deposit Research: Meeting in the Global Challenge*, Vol.1. – (Springer) Berlin Heidelberg New York.
- SCHROLL, E. (1997): Geochemische und geochronologische Daten und Erläuterungen. – In: WEBER, L. (Hrsg.) (1997): *Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs (Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte von Österreich 1: 500 000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe)*. – Archiv für Lagerstättenforschung, Band 19: 395-537; Wien.
- SCHULZ, O. & SCHROLL, E. (1997): Pb-Zn-Erzbezirk Karn (Wettersteinkalk, -dolomit) Nordtiroler Kalkalpen. – In: WEBER, L. (Hrsg.) (1997): *Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs (Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte von Österreich 1: 500 000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe)*. – Archiv für Lagerstättenforschung, Band 19: 358-359; Wien.
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich, Band 2. - 1-710, (Deuticke) Wien.
- WALTHNER, H.W. (1982): Zur Bildung von Erz- und Minerallagerstätten in der Trias von Mitteleuropa. - *Geol. Rundschau*, **71**: 835-855, Stuttgart.
- WEBER, L. (Hrsg.) (1997): *Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs (Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte von Österreich 1: 500 000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe)*. – Archiv für Lagerstättenforschung, Band 19; Wien.
- WEBER, L. & Mitarbeiter (1997): Die metallogenetischen Einheiten Österreichs. - WEBER, L. (Hrsg.) (1997): *Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs (Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte von Österreich 1: 500 000 unter Einbeziehung der*

Industrieminerale und Energierohstoffe). – Archiv für Lagerstättenforschung, Band 19: 230-394; Wien.

WEIDICH, K.F. (1984): Feinstratigraphie, Taxonomie planktonischer Foraminiferen und Palökologie der Foraminiferengesamtfaua der kalkalpinen tieferen Oberkreide (Untercenoman-Untercampan) der Bayerischen Alpen.- Bayer. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abh., N.F., 162: 1-151, München.

ZEEH, S. & BECHSTÄDT, T. (1989): Die Blei-Zink-Erze im Wettersteinkalk der Ostalpen: Eine jurassisch-kreatazische Vererzung. – Geol.-Pal. Mitt. **16**: 133-134; Innsbruck.

Anhang

Probe	Beschreibung im Gelände	Faziesschliff	Conodontenprobe	Abbildung
Profil West Wettersteindolomit				
AR 30	heller, splittriger Dolomit	stark rekristallisiert. verschiedene umkrustete Komponenten lassen auf Boundstone aus Riffnaher Umgebung schließen.	-	8/1
Raibler Schichten				
AR 28	Tonschiefer	enthält Pyrit, ist reich an Ton und organischem Material. Dolomitisiert, könnte als Mikrodolosparit angesprochen werden	-	
AR 29	Tonschiefer	tonig-mergelig, feinkörnig, fossilfrei	-	8/2
Profil Ost Gutensteiner Dolomit				
AR 9	laminiertes Dolomit	Feinturbidite in Mikrit, würde eher auf lagunäre Ablagerungsbedingungen hindeuten	-	9/1
AR 10	Dolomit	eisenreicher Dolomit mit Sparit und mikritischen Lagen	.	9/2
AR 11	Dolomit	komplett rekristallisiert, wird aufgrund der topografischen Lage unterhalb der Aufschlüsse AR 9 und 10 als Gutensteiner Dolomit angesprochen.	steril	
AR 31	dunkler, übel riechender Dolomit	reich an organischem Material und Eisen, Breccie mit Algen und aufgearbeiteten Komponenten	zahlreiche Eisenoxid und -hydroxidkörner, unbestimmbarer Apatitrest	9/3
Dolomit				
AR 20	heller Dolomit heller Dolomit aus einer Störungszone	Algenlaminit, eher aus lagunärem Umfeld	-	9/4
AR 21		Kataklastit, enthält Algenreste	-	9/5

AR 22	heller Dolomit	Kataklastit aus einem Packstone	-	
		enthält umkrustete Komponenten, ist als Algenboundstone anzusprechen. Solche Gesteine sind vor allem aus den Algenriffentwicklungen der Wettersteinformation bekannt.	-	9/6
AR 23	heller Dolomit			
AR 24	heller Dolomit	stark rekristallisiert, unbestimmbare Algenreste	-	
AR 27	heller Kieseldolomit	rekristallisiert und brecciert, enthält Flachwasserkomponenten	steril	
AR 32	heller Dolomit	extrem rekristallisiert	-	
Dachsteinkalk				
AR 18	Kalk	Foraminiferen und Gastropoden, ist als altertümlicher (norischer) Dachsteinkalk anzustehen	-	10/1
AR 19	Kalk	Foraminiferen und Gastropoden, ist als altertümlicher (norischer) Dachsteinkalk anzustehen	-	10/2
AR 25	Kalk	leicht dolomitisiert, enthält umkrustete Komponenten, Crinioden sowie Riffschutt; ist als Grainstone anzusprechen. Vermutlich ein im bewegten Flachwasser abgelagerter Tempestit	-	10/3
AR 26	Kalk	fragliche Foraminiferen sowie Gastropoden in Mikrit, ist rekristallisiert.	-	10/4
AR 33	Hornsteinknolle in hellem Kalk	-	-	-
Arikogel Oberkarnischer Dolomit				
AR 3	heller Dolomit	rekristallisiert; eine Muschelschale ist erkennbar, sowie dunklere Stellen, die auf organisches Material oder Erzminerale hindeuten	Erzkörner, sonst steril	12/1
AR 6	heller Kieseldolomit	komplett rekristallisiert	-	

AR 12	heller Dolomit	enthält Mikritklasten, die eher auf einen lagunären Ablagerungsraum hindeuten	steril	12/2
AR 13	heller Dolomit	bituminös, Fenstergefüge, umkrusteter Flachwasserschutt und Algenreste	steril	12/3
AR 14	heller Dolomit	Krümelfgefüge, ist als Dolosparit anzusprechen. Ebenfalls eher lagunärer Ablagerungsraum	unbestimmbarer Apatitrest	
AR 15	heller Dolomit	rekristallisierter Dolomitkataklastit; umkrustete Riffbildner und Algenkomponenten sowie Crinoidenbruchstücke in Mikrit	-	12/4
Dachsteinkalk				
		lagunärer Wackestone mit <i>Physoporella jomdaensis</i> Flügel & Mu, die - soweit bisher bekannt - eone Reichweite von Karn bis Nor besitzt (kommt auch in den norischen Dachsteinkalken der Knallalm vor), die Reichweite ist jedoch nur durch zwei Vorkommen abgedeckt und daher nicht als gesichert anzusehen. (Auskunft Schlagintweit)		
AR 1	Kalk		Fischzähne, Pyrit	13/1-3
AR 4-1	Kalk	Wechselagerung von Packstone und Wackestone mit Foraminiferen und Muschelschalen	-	
AR 4-2	Kalk	loferitische Fazies mit Ostracoden (Auskunft Schlagintweit)	-	
AR 5	Kalk	dünnschalige Foraminiferen, Gastropoden und Muschelschalen	-	
AR 7	Kalk	lagunärer Algenboundstone mit Foraminiferen, Algenresten und Gastropoden	-	12/5
AR 8	Kalk	Loferit (Auskunft Schlagintweit)	-	
		Dasycladeen-Biosparit mit zahlreichen Fragmenten. Nach Anfertigung von zwei weiteren Schlifften konnte <i>Griphoporella curvata</i> mit einer Reichweite von Nor bis Rhät eindeutig bestimmt werden (Auskunft (schlagintweit)		
AR 17	Kalk		Fischzähne	13/4
			zahlreiche Fischzähne und unbestimmbare Organismenreste	
AR 34	Kalk	Ostracoden, Foraminiferen, vermutlicher Ammonitenrest		12/6

Gosausedimente

		Polymikte Breccie mit grünlichen, roten und grauen Komponenten, Verkarstungshorizont, dem eine pelagische Lage mit Filamenten und Ostracoden aufliegt. Wuredede bei einem Laborbesuch von F. Schlagintweit spontan als Gosausediment angesprochen.	-	
AR 2	Breccie			
AR 16	Breccie	polymikte Feinbreccie, Beschreibung im Text (S. 30)	-	14/1-5

