

# Die Salzlagerstätte Hallein - Bad Dürrenberg

## The salt mine of Hallein - Bad Dürrenberg

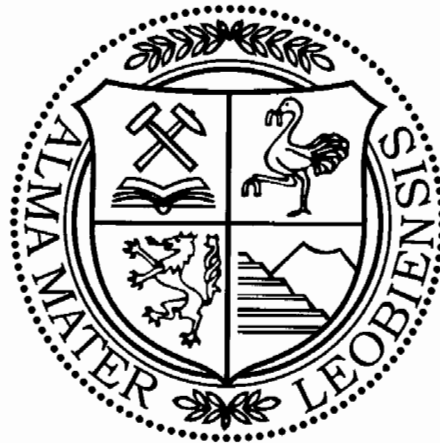
Von

Hans-Jürgen GAWLICK & Richard LEIN

mit 11 Abbildungen  
with 11 figures

Exkursionsführer

# SEDIMENT 2000



Anschriften der Verfasser, addresses of the authors:

Dr. Hans-Jürgen GAWLICK  
Montanuniversität Leoben,  
Institut für Geowissenschaften:  
Prospektion und Angewandte Sedimentologie  
Peter-Tunner-Str. 5  
A-8700 Leoben,  
Österreich,  
gawlick@unileoben.ac.at  
Dr. Richard LEIN  
Institut für Geologie der Universität Wien  
Geozentrum Althanstraße 14  
A-1090 Wien,  
Österreich.  
Richard.Lein@univie.ac.at

## Inhalt

1. Einleitung, geologische und tektonische Übersicht.....	264
2. Die Stollenprofile im Hallein – Bad Dürrnberger Salzberg.....	267
2.1. Der Jakobbergstollen.....	267
2.2. Der Wolfdietrichstollen.....	270
3. Zusammenfassung.....	275
Dank.....	278
Literaturverzeichnis.....	278

## Contents

1. Introduction, geologic and tectonic overview.....	264
2. The galleries in the Hallein – Bad Dürrnberg salt mine.....	267
2.1. Jakobberg horizon.....	267
2.2. Wolfdietrich horizon.....	270
3. Summary.....	275
Acknowledgements.....	278
References.....	278

### 1. Einleitung, geologische und tektonische bersicht

The salt mine of Hallein – Bad Dürrnberg is one of the classic localities of the nappe tectonic and division in the Northern Calcareous Alps. Located in the prominent area of the Hallein – Berchtesgaden – Hallstatt zone the galleries were reinvestigated. By facies and stratigraphic investigations it can be shown, that the classic subdivision of the Juvavic nappes in the Northern Calcareous Alps can not be confirmed by the results.

Diese Exkursion fuhrt zu einer klassischen Lokalitat der alpinen Deckentektonik im Bereich der Hallein – Berchtesgadener Hallstätter Zone. In den Stollensystemen der Salzlagerstätte Hallein – Bad Dürrnberg wurde seinerzeit die klassische Deckengliederung der Hallstätter Gesteine der Nördlichen Kalkalpen mitbegründet. In jüngster Zeit wurden diese Stollensysteme neu kartiert und stratigraphisch und faziell neu untersucht. Diese Neuergebnisse, die die bisherige lokaltektonische Deckengliederung nicht bestätigen, werden im Rahmen dieser Exkursion untertags vorgestellt und diskutiert.

Die im Bereich von Hallein - Bad Dürrnberg auftretenden Hallstätter Schichtfolgen sind Teil des Hallein - Berchtesgadener Hallstätter Schollenregion (Abb. 1). Die Hallstätter Schichtfolgen sollen dabei als „Tiefjuvavikum“ das „Hochjuvavikum“ der Berchtesgadener Decke unterlagern (u. a. PICHLER 1963, ZANKL 1971, TOLLMANN 1985, LANGENSCHIEDT 1994).

Der Zeitpunkt der Platznahme der Hallstätter Schichtfolgen des „Tiefjuvavikums“ der Hallein – Berchtesgadener Schollenregion ist allerdings bis heute umstritten; angenommen wurde bisher der Zeitraum zwischen dem höheren Ober-Jura und der höheren Unter-Kreide (vgl. u. a. PLÖCHINGER 1955, 1976, 1984, 1996, TOLLMANN 1985, 1987, ZANKL 1971,

SCHWEIGL & NEUBAUER 1997). In jüngerer Zeit wird auf der Basis neuerer Untersuchungen eine Platznahme im frühem Ober-Jura wahrscheinlich (LEIN 1987b, GAWLICK 1996, GAWLICK & LEIN 1997).

Geologische Übersichten über die Hallein - Berchtesgadener Hallstätter Zone bzw. die Hallein – Bad Dürrnberger Hallstätter Schollenregion in jüngerer Zeit geben u. a. PLÖCHINGER (1955, 1984, 1996) und GAWLICK & LEIN (1997).

Das Salinar selbst (vgl. SCHAUBERGER 1949, 1953, 1979) wurde in jüngerer Zeit von SPÖTL (1988, 1989) untersucht und war wiederholt Gegenstand von Meldearbeiten der Montanuniversität Leoben (WURDINGER 1961, RAUCHEGGER 1983, DÖRFLER & MALLY 1984, PACHER 1987).

Die bis heute umstrittene (vgl. u. a. TOLLMANN 1985, SCHWEIGL 1997, PLÖCHINGER 1996, SCHWEIGL & NEUBAUER 1997) tektonische Stellung der Hallein - Berchtesgadener und speziell der Hallein – Bad Dürrnberger Hallstätter Schollenregion (Abb. 1, Abb. 2) ist seit dem frühem 19. Jahrhundert und besonders in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts Gegenstand der Diskussion. Zunächst standen dabei stratigraphische Untersuchungen der Hallstätter Kalke und des Salinars, später tektonische Untersuchungen und Erklärungsversuche im Vordergrund (u. a. v. LILIENBACH 1830, SCHAFFHAUTL 1851, v. LIPOLD 1854, GÜMBEL 1861, SCHMIDT 1872, BITTNER 1882, MOJISOVICS 1889, SCHLOSSER 1898, FUGGER 1907, HAHN 1913, BEYSCHLAG 1922, BIRNBACHER 1925, SEIDL 1927, LEUCHS 1948, KOBER 1949, 1955). Die Arbeiten dieser Zeit konzentrierten sich dabei meist auf die geologischen Verhältnisse an der Oberfläche, Aufnahmen im Bereich der Stollen blieben selten (SCHMIDT 1872, SCHLOSSER 1898).

Erste Interpretationsversuche der Lagerungsverhältnisse mit geologischen Profilen durch das Hallein-Dürrnberger Salinar stammen von SCHMIDT (1872), in neuerer Zeit u. a. von PETRASCHKE (1947, 1949), MEDWENITSCH (ab 1949), SCHAUBERGER (1953, 1954 in BRANDNER 1954) und PLÖCHINGER (1955, 1996). Erste Untersuchungen und Auf-

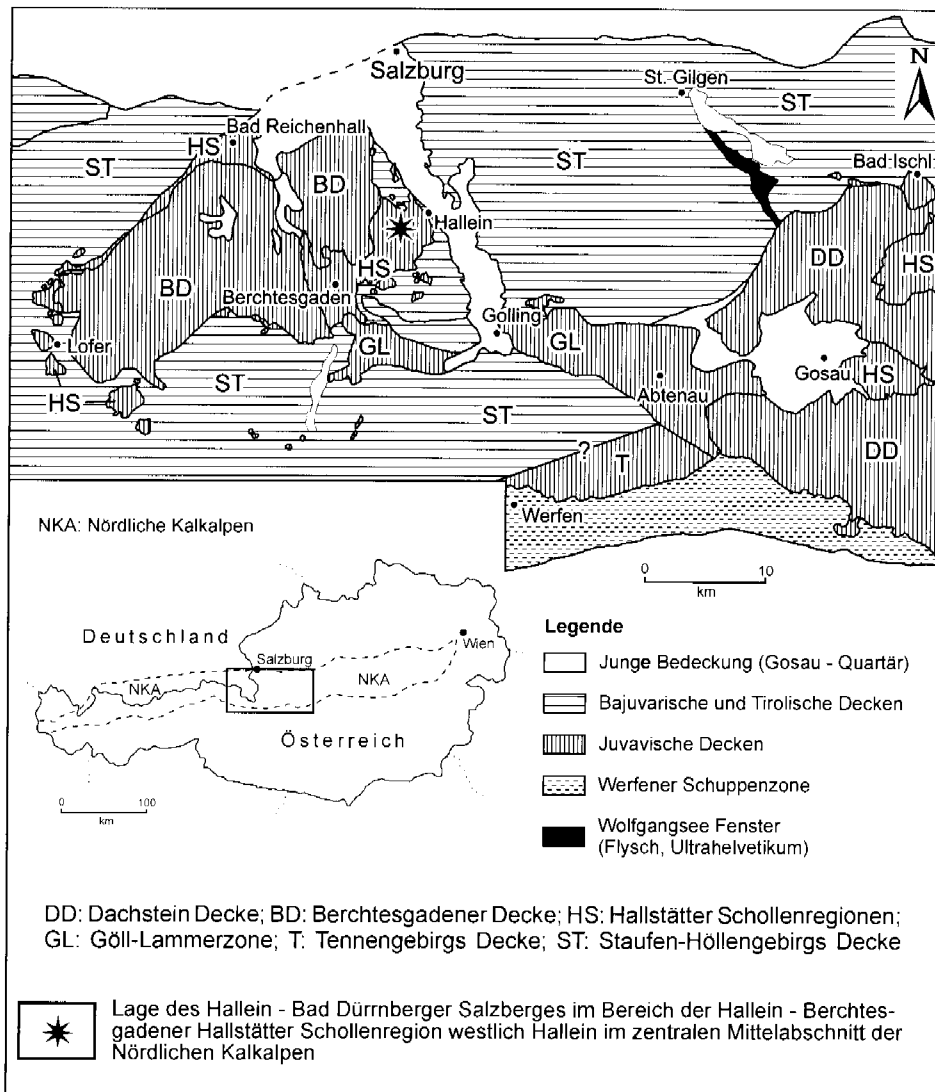


Abb. 1: Geologische und tektonische Übersicht des zentralen Teiles des Mittelabschnittes der Nördlichen Kalkalpen und Lage des Hallein - Bad Dürnrberger Salzberges, verändert nach TOLLMANN (1985) und GAWLICK et al. (1994).

Fig. 1: Geologic and tectonic overview of the central part of the Northern Calcareous Alps and geographic position of the Hallein - Bad Dürnrberger salt mine, modified after TOLLMANN (1985) and GAWLICK et al. (1994).

nahmen im Bereich der Stollen (SCHMIDT 1872, SCHLOSSER 1898) und der Bohrungen im Bereich des Hallein-Dürnrberger Salzberges stammen von AMPFFERER (1936 - Bohrung 1), PETRASCHKE (1947 - Bohrung IV).

MEDWENITSCH (1949-1963) kartierte und interpretierte als erster systematisch die Profile des Halleiner Salzberges. Im Vordergrund standen dabei die Bearbeitung des Jakobberg- und Wolfdietrichstollens. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind ausführlich dargestellt in diesen Arbeiten (MEDWENITSCH (1949, 1958, 1962, 1963a, b). Dabei unterscheidet er zwei faziell unterschiedliche Hallstätter Decken - eine untere, mergelreiche Hallstätter Decke (Zlambachdecke des Salzkammergutes) und eine obere, kalkreiche Hallstätter Decke (Sandlingdecke des Salzkammergutes). PLÖCHINGER (1955) dagegen konnte nur eine einzige Hallstätter Decke feststellen (vgl. auch PICHLER 1963).

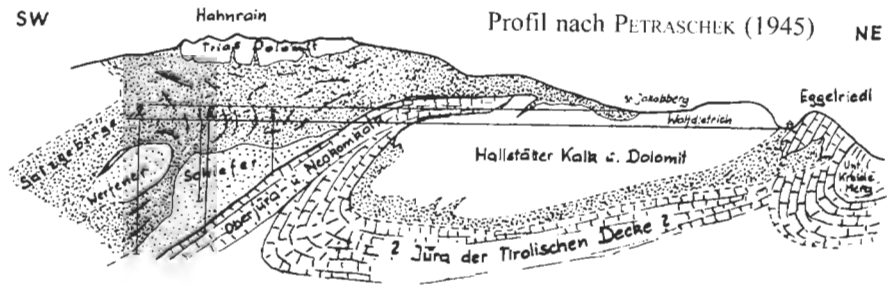
Neuinterpretationen der Stollenprofile von MEDWENITSCH (ab 1949) geben in neuerer Zeit u. a. TOLLMANN & KRISTAN-TOLLMANN (1970) im Sinne einer einheitlichen Halleiner Hallstätter Decke (vgl. u. a. TOLLMANN 1973), PLÖCHINGER (1976, 1983, 1984, 1990, 1996) im Sinne einer im späten Ober-Jura (intramalmisch) synsedimentär eingegliederten

Schollenmasse bzw. einer einheitlichen Hallstätter Decke und KELLERBAUER (1996) im Sinne einer in die Tauglbodenschichten eingegliederten Schollenmasse (vgl. auch BRAUN 1998).

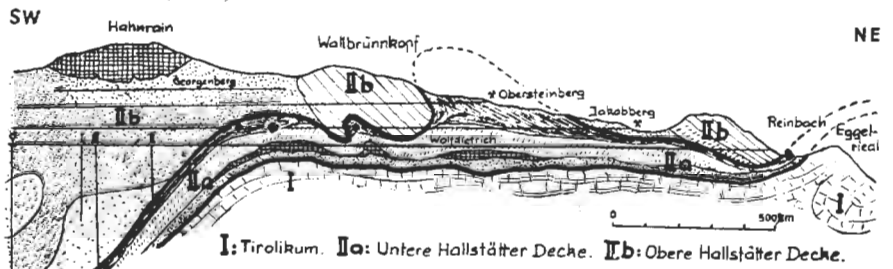
GAWLICK & LEIN (1997) interpretieren auf Grund der Neukartierung des Jakobberg- und Wolfdietrichstollens sowie von ergänzenden stratigraphischen und faziellen Untersuchungen an ausgewählten Hallstätter Kalk-Vorkommen die einzelnen Hallstätter Schichtfolgen als jeweils isolierte Schollen im Sinne der jurassischen Gleittektonik.

Von entscheidender Bedeutung für die Interpretation des tektonischen Bauplanes der Hallein - Bad Dürnrberger Hallstätter Schollenregion sind u. a. die Grubenaufschlüsse des Hallein - Bad Dürnrberger Salzberges.

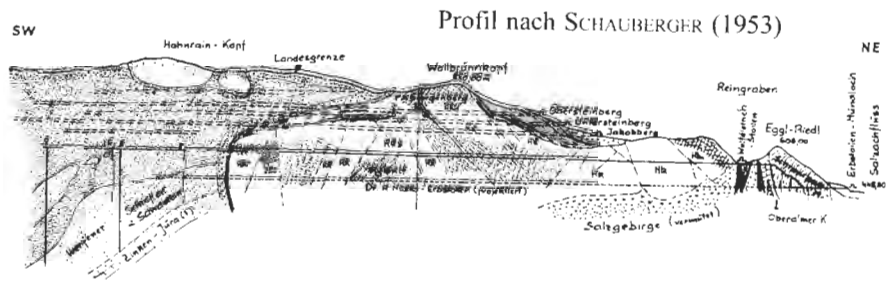
Auf der Basis der neuen stratigraphischen und faziellen Daten aus den Stollenprofilen und den Ergebnissen der geologischen Neuaufnahme an der Oberfläche mit ergänzenden stratigraphischen und faziellen Untersuchungen wird sowohl die stratigraphisch-fazielle Entwicklung der Schichtfolgen im Bereich der Halleiner Hallstätter Zone als auch die regionalgeologische Interpretation des tektonischen Bauplanes des Hallein - Bad Dürnrberger Salinars auf eine neue



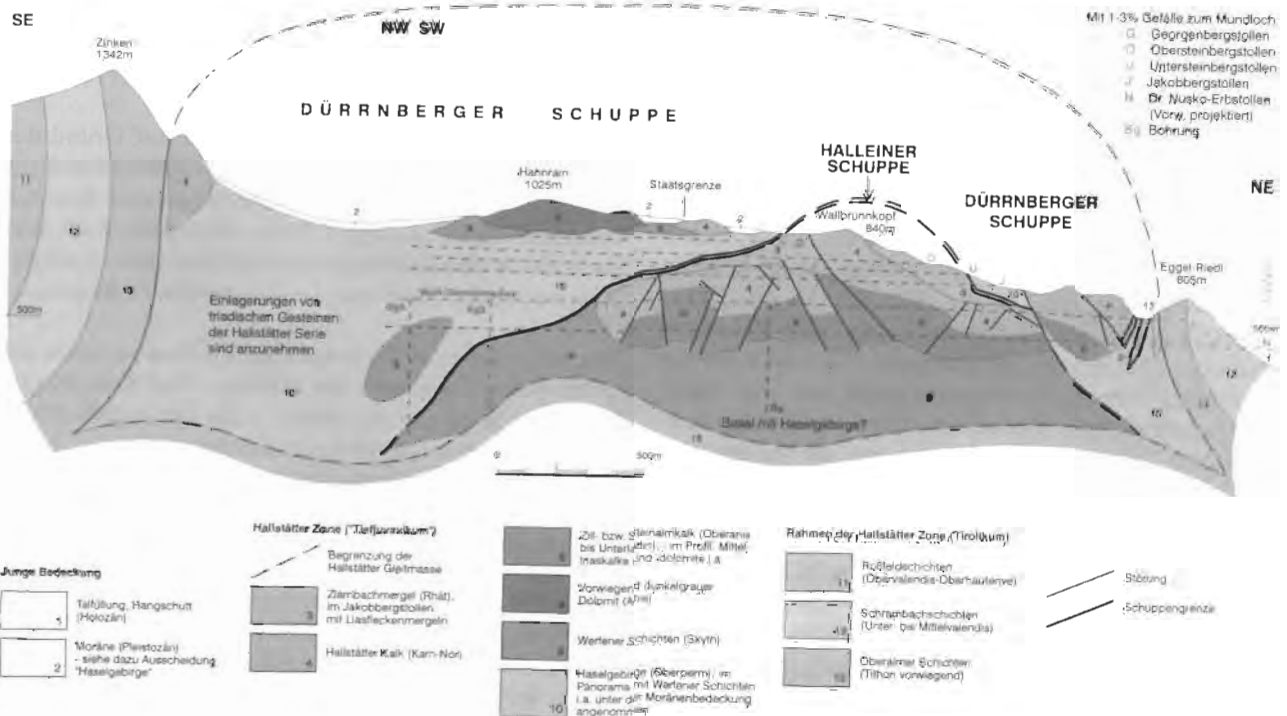
Profil nach MEDWENITSCH (1948), z. T. ergänzt nach PLÖCHINGER (1955). Aus MEDWENITSCH (1960)



I: Tirolikum. Ia: Untere Hallstätter Decke. Ib: Obere Hallstätter Decke.



Schematisierter geologischer Schnitt durch die intramalisch eingegliederte Hallstätter Masse von Hallein-Berchtesgaden (unter Verwendung der geologischen Schnitte von G. SCHAUBERGER (1953), W. MEDWENITSCH (1960) und G. FEITZINGER (1994) interpretiert von B. PLOCHINGER, 1996)



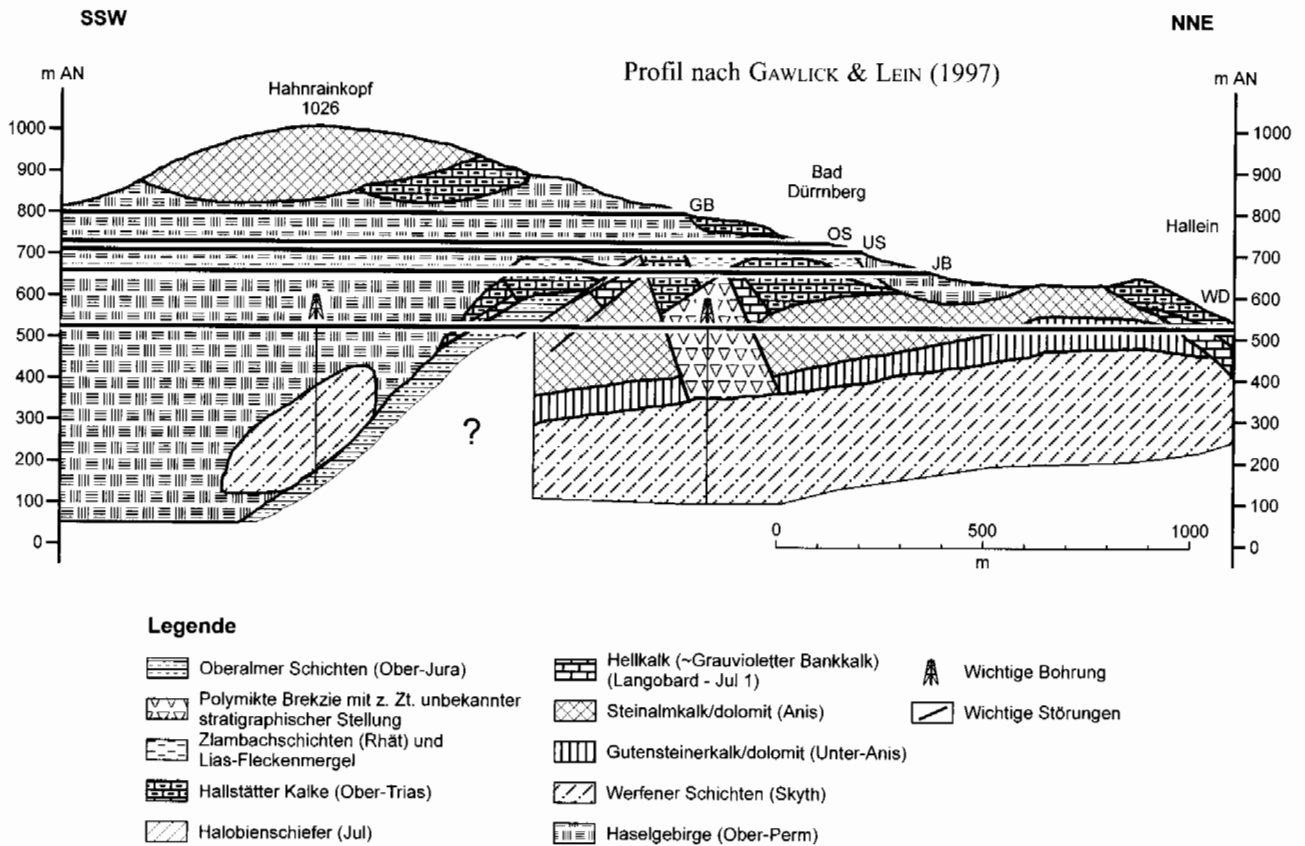


Abb. 2: Bisherige Vorstellungen des geologischen Aufbaues und Querprofile in der Achse des Wolfdietrichstollens. Profile nach PETRASCHKE (1945), MEDWENITSCH (1948) und SCHAUBERGER (1953) aus MEDWENITSCH (1960). Profil links unten aus PLÖCHINGER (1996), gerinfügig verändert. Profil oben aus GAWLICK & LEIN (1997), geringfügig verändert.

Fig. 2: Older interpretations of cross sections in the line of the Wolfdietrich horizon. Cross sections after PETRASCHKE (1945), MEDWENITSCH(1948) and SCHAUBERGER (1953) from MEDWENITSCH (1960). Cross section left from PLÖCHINGER (1996) and cross section after GAWLICK & LEIN (1997).

Grundlage gestellt. Die stratigraphischen und faziellen Untersuchungen zeigen, daß die im Bergbau angetroffenen Abfolgen mit den an der Oberfläche auftretenden Hallstätter Serien gut übereinstimmen.

The tectonic style of the Hallein - Bad Dürrnberg salt mine and adjacent areas was discussed very controversially in the last decades. Aim of the work was to proof the existing different interpretations of the tectonics. The today main established interpretations of the tectonics of the Hallein - Bad Dürrnberg salt mine are:

1. Two tectonic nappes: a lower one (Zlambach nappe) and an upper one (Hallstatt nappe).
2. One Hallstatt nappe with a lot of intern faults.

Mapping of the galleries (Jakobberg and Wolfdietrich horizon) in the salt mine together with stratigraphic and facies investigations show, that we need a new interpretation of the tectonic style: the entire sequences, belonging to the Hallstatt Salzberg Facies are part of an Upper Jurassic gliding nappe, which was dismembered by NE-vergent deformation.

## 2. Die Stollenprofile im Hallein – Bad Dürrnberger Salzberg

Eine Neukartierung des Jakobberg- und Wolfdietrichstollens mit umfangreichen stratigraphischen und faziellen Untersuchungen der Hallstätter Kalk- bzw. Ober-Jura Schichtfolge erfolgte durch GAWLICK & LEIN (1997 – cum lit.). Im folgenden sind diese Ergebnisse unter Berücksichtigung von neuen stratigraphischen Daten dargestellt (vgl. auch GAWLICK et al. in Druck), da diese für die Interpretation der Querprofile durch den Hallein – Bad Dürrnberger Salzberg von Bedeutung sind.

### 2.1. Der Jakobbergstollen

Erste detailliertere Stollenaufnahmen mit einer Beschreibung der im Jakobbergstollen auftretenden Gesteine und einem Vergleich mit den in der Hallein - Berchtesgadener Schollenregion auftretenden Serien liegen u. a. von SCHLOSSER (1898) vor. Neuere Untersuchungen im Jakobbergstollen stammen von PETRASCHKE (1947), der die Zlambachschichten z. T. als Werfener Schichten und z. T. als Schram-

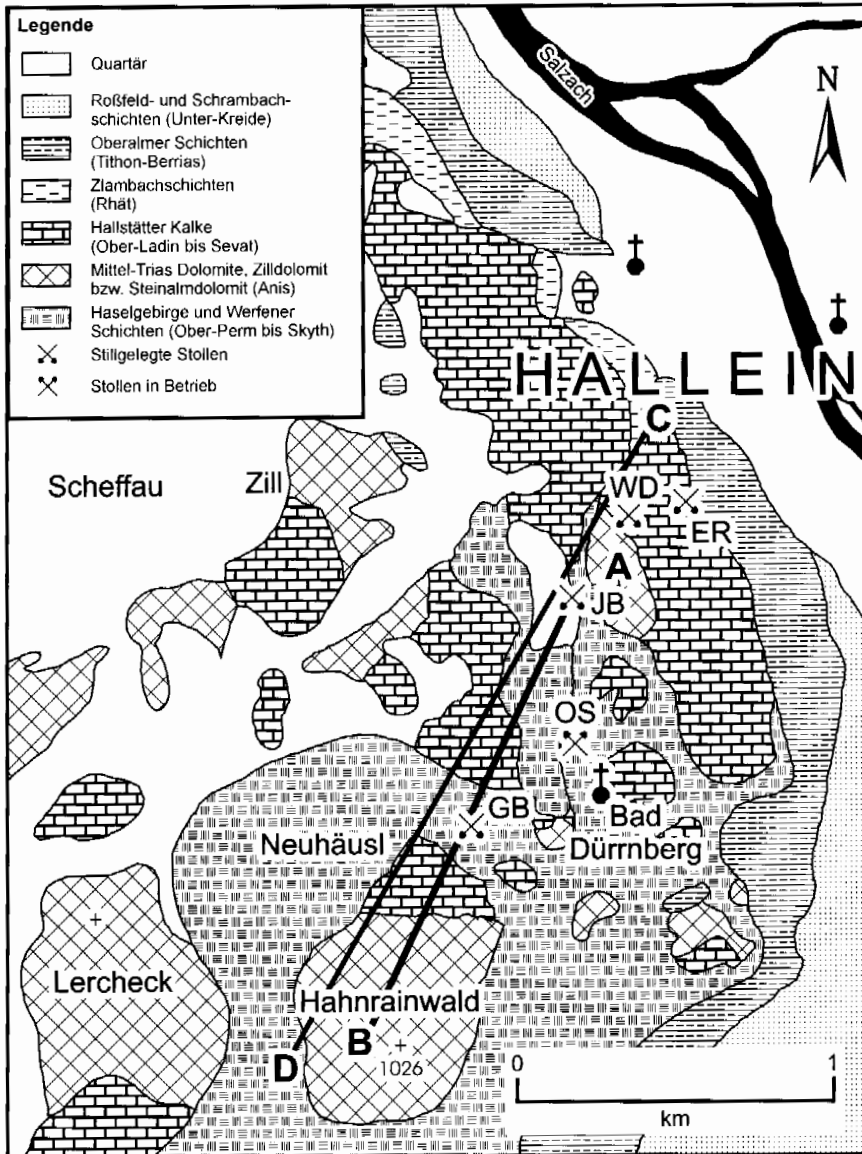


Abb. 3: Stark vereinfachte geologische Karte der Halleiner Hallstätter Zone im Bereich Bad Dürrnberg-Hallein auf der Basis einer Neukartierung unter Beruckichtigung der Kartierungen von PICHLER (1963), PLÖCHINGER (1955, 1987, 1996) und PYTEL (1999) unter Ergänzung der stratigraphischen und faziellen Daten von GAWLICK & LEIN (1997), GAWLICK et al. (in Druck) und Lage der Profile (A-B: in der Achse des Jakobbergstollens, Abb. 10, C-D: in der Achse des Wolfdietrichstollens, Abb. 11).

Es bedeuten:  
 GB = Georgenbergstollen;  
 OS = Obersteinbergstollen;  
 JB = Jakobbergstollen;  
 WD = Wolfdietrichstollen;  
 ER = Eggriedelstollen.

Fig. 3: Simplified geological map of the Hallein Hallstätter Zone in the area of Bad Dürrnberg. New map on the base of PICHLER (1963), PLÖCHINGER (1955, 1987, 1996) and PYTEL (1999), stratigraphic data by GAWLICK & LEIN (1997) and GAWLICK et al. (in press). Cross sections (A-B: in the line of the Jakobberg horizon, Fig. 10, C-D: in the line of the Wolfdietrich horizon, Fig. 11).

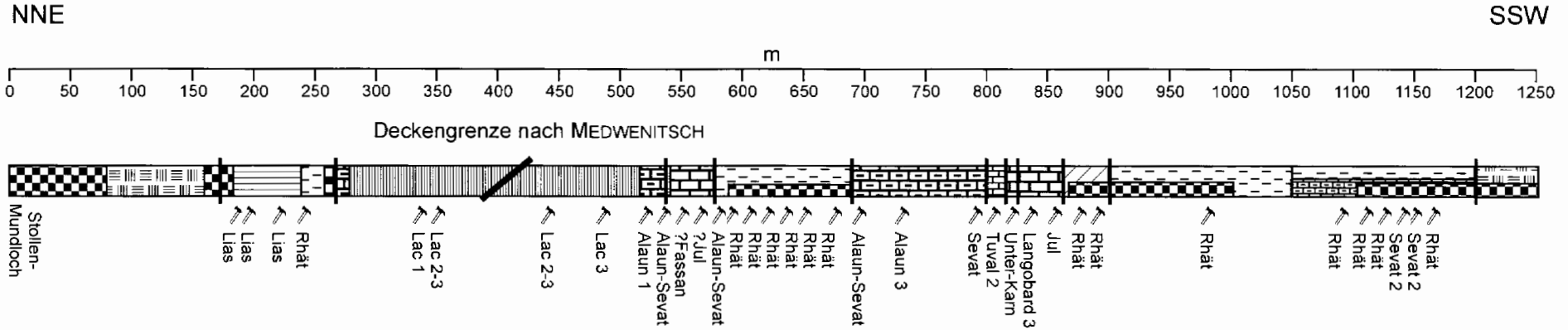
GB: Georgenberg horizon;  
 OS: Obersteinberg horizon;  
 JB: Jakobberg horizon;  
 WD: Wolfdietrich horizon;  
 ER: Eggriedel horizon.

bachschichten interpretierte. Detaillierte Kartierungen des Jakobbergstollens und Beschreibungen der Schichtfolge liegen besonders von MEDWENITSCH (1958, 1962, 1963a, b) und SCHAUBERGER (1953) vor. Detailprofilaufnahmen der Zlambachschichten liegen u. a. aus dem Bereich des alten Wetterschurfes (= Jakobbergrolle) vor (GEISSLER & HELING 1952). Auf der Basis seiner Kartierungen untergliederte MEDWENITSCH (ab 1949) zwei Hallstätter Decken: eine untere, mergelreiche Zlambach-Decke (Anis bis Lias) und eine obere, kalkige Hallstätter Decke (Anis bis Nor).

Die im Jakobbergstollen aufgeschlossene Hallstätter Schichtfolge umfaßt stratigraphisch Ober-Ladin bis Lias (GAWLICK & LEIN 1997). Ein durchgehendes, lückenloses Profil ist allerdings im Jakobbergstollen nicht erhalten (Abb. 4). Es handelt sich bei dieser Rekonstruktion um eine aus verschiedenen, jeweils tektonisch voneinander getrennten, Teilprofilen zusammengesetzte Schichtfolge (Abb. 5). Die Basis der Schichtfolge bildet ein massig bis undeutlich gebankt ausgebildeter **Hellkalk des Ober-Ladin** (?Unter-Ladin – JB 2/99) bis Jul 1 (JB 1/97, JB 5/97, JB 8/97, JB 9/97, A 2522, A 2523) als Äquivalent des Grauvioletten Bank-

kalkes. Mikrofazial handelt es sich dabei um einen lithoklastenreichen biogenfuhrenden Mikrit mit Filamenten, Crinoiden, Foraminiferen, Radiolarien und Ammonoideen (Abb. 9/2). Darüber folgen die **Halobienschiefer** (MEDWENITSCH 1962, 1963b, KOLLMANN & OBERHAUSER in MEDWENITSCH 1963b), in die stellenweise detritusreiche Kalkbänke eingelagert sind (A 2604). Diese unterkarnischen Halobienschiefer werden von knolligen, massigen bis undeutlich gebankten Hell- und Rotkalken (~ **Roter Bankkalk**) berlagert (JB 7/97). Darüber folgt der oft kataklastisch zerlegte **Massige Hellkalk** des Lac 1-3. Mikrofazial handelt es sich meist um biogenfuhrende Mikrite mit Radiolarien, Ostracoden, Crinoiden, Gastropoden, Schwammnadeln, Filamenten, Foraminiferen und Ammonoideen (A 2600, JB 2/97, JB 3/97, A 2601 - s. Abb. 9/3). Darüber folgen der als Knollenkalk ausgebildete biogenreiche **Hangendrotkalk** (JB 4/97, A 2524, A 2603) und der **Hangendgraukalk** (JB 10/97, JB 3/99, JB 5/99, JB 6/99, JB 11/99, MEDWENITSCH 1963a, b), der hier oft rötlich gefärbt ist. Der meist als Knollenkalk ausgebildete Hangendgraukalk (Abb. 9/4-6), der hier stratigraphisch bis in das Sevat 2 nachgewiesen werden konnte, wird zuerst von oligomikten Brekzienlagen

# Jakobbergstollen



## Legende

- |                                       |  |   |
|---------------------------------------|--|---|
| vermauerter bzw. verzimmerter Bereich | Massiger Hellkalk (Lac)  | Probenpunkt, mit stratigraphischer Einstufung |
| Liasfleckenmergel (Jakobbergserie)    | Hellkalk (Tuval)   | Wichtige Störungen                            |
| Zlambachschichten (Rhät)              | Halobienchiefer (Jul)  |   |
| Hangendgraukalk (Sevat)               | Hellkalk, z. T. auch roter Knollenkalk (~Grauvioletter Bankkalk) (?Fassan - Jul 1) |   |
| Hangendrotkalk (Alaun)                | Haselgebirge (Ober-Perm)   |   |

Abb. 4: Schematisches Stollenprofil des Jakobbergstollens, Lage der Proben und stratigraphische Einstufung der Schichtfolgen (aus GAWLICK & LEIN 1997, geringfügig verändert und ergänzt). Zur Litho- und Mikrofazies sowie der stratigraphischen Einstufung der Proben siehe GAWLICK et al. (in Druck).

Fig. 4: Schematic profile of the Jakobberg horizon, localities of the samples and stratigraphy (GAWLICK & LEIN 1997, completed). Litho-/microfacies and stratigraphy: GAWLICK et al. (in press).



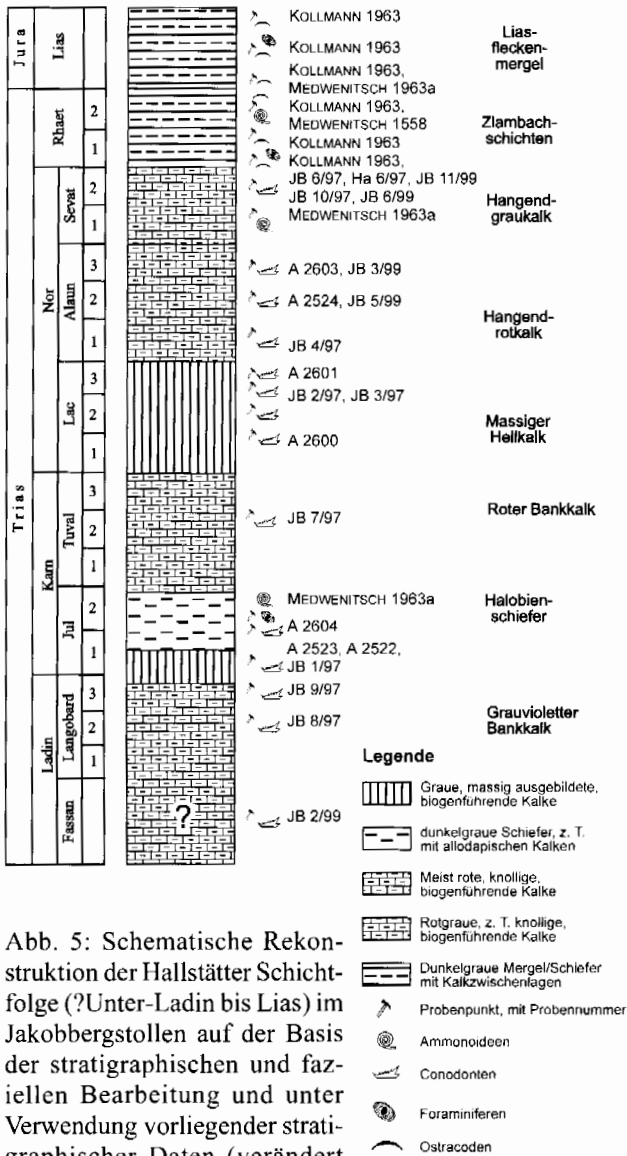


Abb. 5: Schematische Rekonstruktion der Hallstätter Schichtfolge (?Unter-Ladinian bis Lias) im Jakobbergstollen auf der Basis der stratigraphischen und fazialen Bearbeitung und unter Verwendung vorliegender stratigraphischer Daten (verändert nach GAWLICK & LEIN 1997 – cum lit.). Probennummern vgl. GAWLICK et al. (in Druck).

Fig. 5: Reconstruction of the Hallstatt sequence (?Early Ladinian to Early Jurassic) on the base of the stratigraphic and facies data (after GAWLICK & LEIN 1997, completed). Samples: see GAWLICK et al. (in press).

(Ha 6/97) und schließlich von detritusreichen Kalkbänken der unteren **Zlambachschiechten** (JB 6/97) und schließlich von fossilbelegten Zlambachmergeln (MEDWENITSCH 1958, 1963a, KOLLMANN 1960, KOLLMANN & OBERHAUSER in MEDWENITSCH 1963b) überlagert. Das Hangende der Schichtfolge bilden die **Allgäuschichten i. w. S.** (Jakob-

bergserie - KOLLMANN & OBERHAUSER in MEDWENITSCH 1963b).

Eine Decken-Zweigliederung im Sinne von MEDWENITSCH (ab 1949) kann im Jakobbergstollen auf Grund der Ergebnisse von GAWLICK & LEIN (1997) nicht bestätigt werden. Es handelt sich hier vielmehr um eine stratigraphisch weitgehend vollständige Hallstätter Kalk Schichtfolge, die nur durch jüngere Störungen zerrissen und gegeneinander versetzt wurde (Abb. 4).

**2.2. Der Wolfdietrichstollen**

Erste detailliertere Stollenaufnahmen mit einer Beschreibung der im Wolfdietrichstollen auftretenden Gesteine und einem Vergleich mit den in der Hallein - Berchtesgadener Schollenregion auftretenden Serien liegen u. a. von SCHLOSSER (1898) vor. Neuere Kartierungen des Wolfdietrichstollens und Beschreibungen der Schichtfolge geben besonders MEDWENITSCH (1958, 1962, 1963a) und SCHAUBERGER (1953).

Die Neukartierung des Wolfdietrichstollens in Kombination mit stratigraphischen und fazialen Untersuchungen der Schichtfolge zeigt, daß eine Decken-Zweigliederung im Sinne von MEDWENITSCH (ab 1949) auch im Wolfdietrichstollen nicht bestätigt werden kann. Von Bedeutung für die Neuinterpretation der Lagerungsverhältnisse ist besonders der Nachweis der Oberalmer Schichten (vgl. Abb. 6).

Im Wolfdietrichstollen sind keine durchgehenden Hallstätter Schichtfolgen aufgeschlossenen. Es handelt sich hier vielmehr um jeweils tektonisch voneinander isolierte Schollen bzw. Späne. Dabei lassen sich insgesamt drei verschiedene stratigraphische Niveaus unterscheiden (Abb. 7):

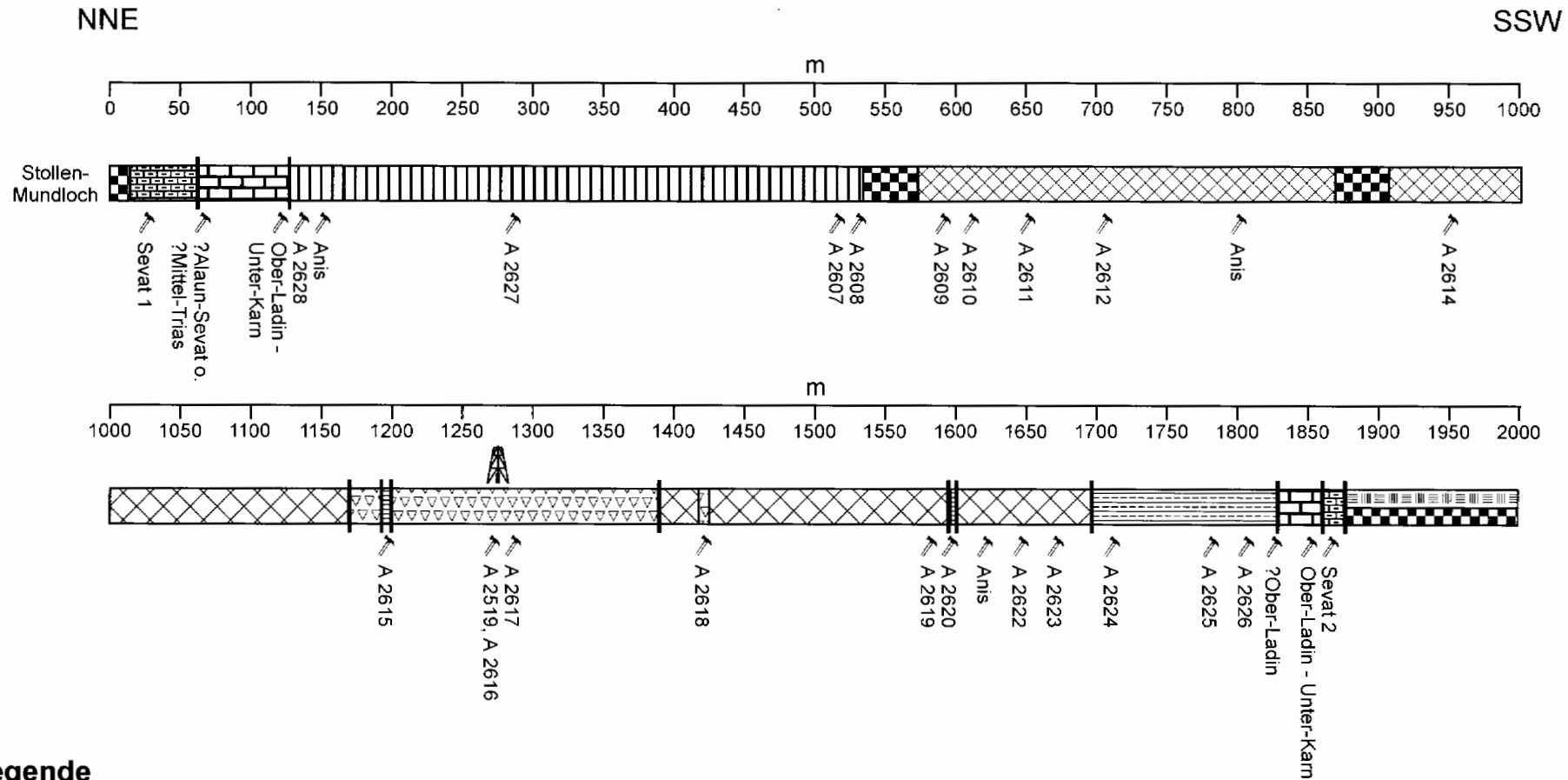
1. Ein anisches Niveau: Gutensteiner Kalk (A 2515) und Gutensteiner Dolomit sowie Steinalmkalk und Steinalmdolomit (Abb. 8/1-7). Von MEDWENITSCH war der Steinalmkalk und -dolomit als Ramsaudolomit (= Ladin-Unter-Karn) ausgeschieden worden. Sein anisches Alter ist allerdings durch *Meandrospira dinarica* 1966 KOCHANSKY-DEVIDE & PANTIC (A 2611, A2613, A2619, A 2622) sowie durch reiche Algenflore (GAWLICK et al. in Druck) hinreichend belegt.
2. Ein oberladinisches bis unterkarnisches Niveau: rotgraue bis graue, meist massige Kalke als Äquivalent des Grauvioletten Bankkalkes (WD 1/97, WD 2/97, WD 3/97, WD 8/97, A 2520).
3. Ein obertriassisches Niveau: Hangendrotkalk (WD 9/97) und Hangendgraukalk (WD 10/97, A 2606, MEDWENITSCH 1962, 1963b).

Abb. 6: Schematisches Stollenprofil des Wolfdietrichstollens, Lage der Proben und stratigraphische Einstufung der Schichtfolgen (aus GAWLICK & LEIN 1997, geringfügig verändert und ergänzt). Zur Litho- und Mikrofazies sowie der stratigraphischen Einstufung der Proben siehe GAWLICK et al. (in Druck).

Fig. 6: Schematic profile of the Wolfdietrich horizon, localities of the samples and stratigraphy (GAWLICK & LEIN 1997, completed). Litho-/microfacies and stratigraphy: GAWLICK et al. (in press).



# Wolfdietrichstollen



## Legende

- vermauerter bzw. verzimmerter Bereich
- Oberalmer Schichten (Tithonium)
- Polymikte Brekzie mit z. Zt. unbekannter stratigraphischer Stellung
- Hangendrotkalk (Alaun) und Hangendgraukalk (Sevat)
- Hellkalk, z. T. rotgrau (~Grauvioletter Bankkalk) (Langobard - Jul 1)
- Steinalmkalk/-dolomit (Anis)
- Gutensteinerkalk/-dolomit (Unter-Anis)
- Haselgebirge (Ober-Perm)
- Probenpunkt, z. T. mit stratigraphischer Einstufung, z. T. mit Nummer (vgl. GAWLICK et al. in Druck)
- Wichtige Störungen
- Bohrung

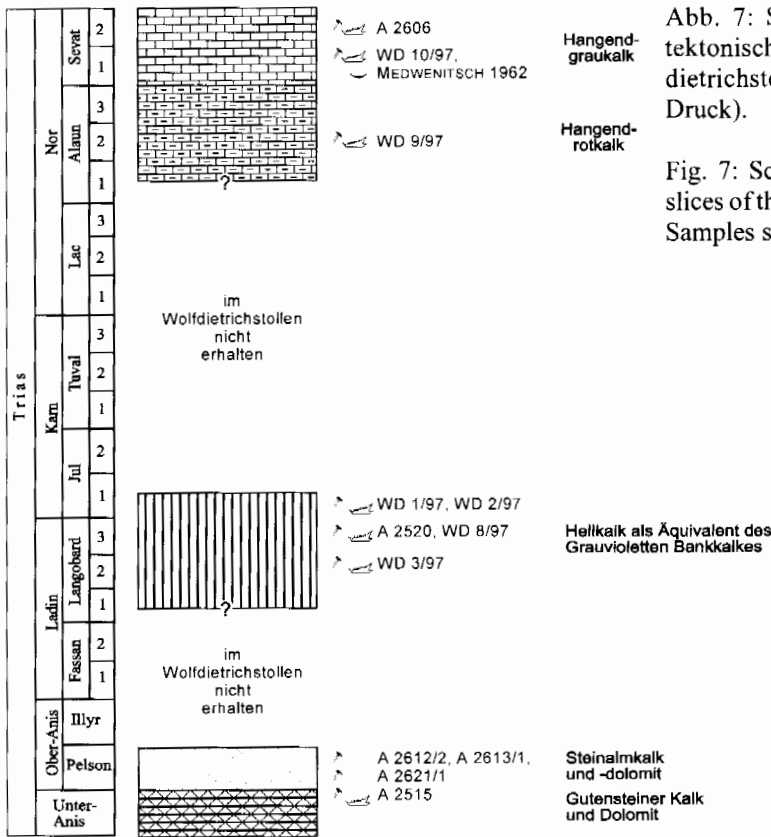


Abb. 7: Schematische Rekonstruktion der einzelnen, tektonisch isolierten Hallstätter Schichtfolgen im Wolfdietrichstollen. Probennummern vgl. GAWLICK et al. (in Druck).

Fig. 7: Schematic reconstruction of the tectonic isolated slices of the Hallstatt sequences in the Wolfdietrich horizon. Samples see GAWLICK et al. (in press).

Decken-Zweigliederung im Sinne von MEDWENITSCH (ab 1949) auch im Wolfdietrichstollen nicht bestätigt werden kann. Von Bedeutung für die Neuinterpretation der Lagerungsverhältnisse ist besonders der Nachweis der Oberalmer Schichten (GAWLICK & LEIN 1997). Die Profilbeschreibung ist in Abb. 6 und GAWLICK et al. (in Druck) dargestellt.

Wichtig für die Interpretation des Salinars von Hallein – Bad Dürrenberg sind zudem die im Wolfdietrichhorizont abgeteuften Bohrungen, die seit 1928 zur Erkundung und Ausdehnung des Salinars niedergebracht wurden.

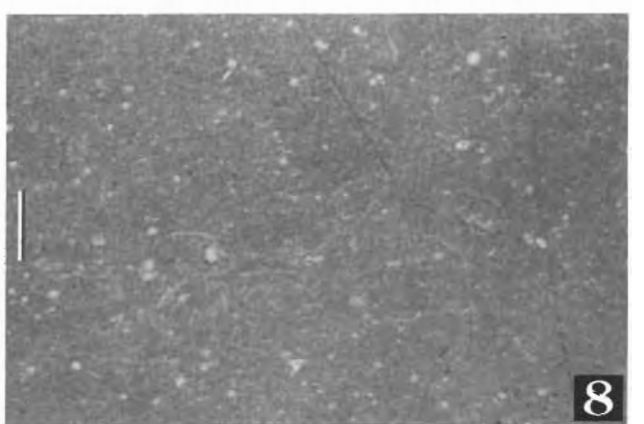
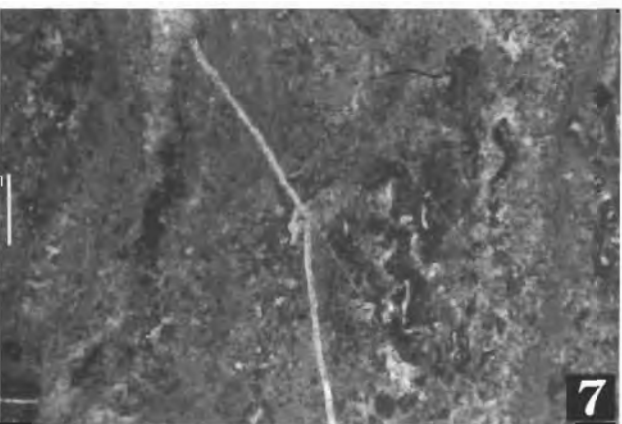
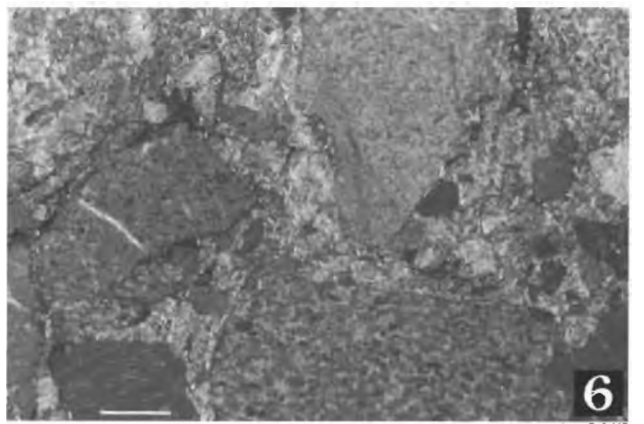
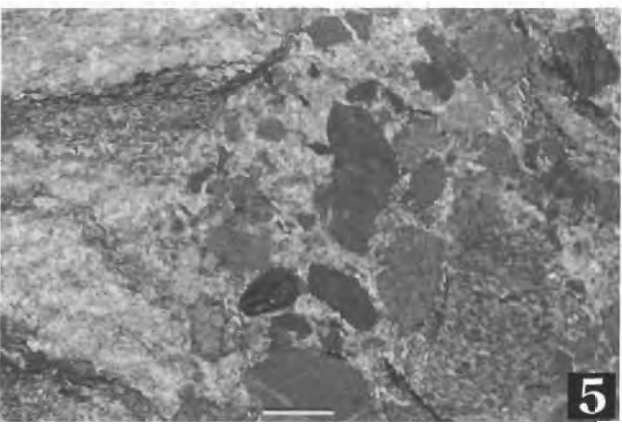
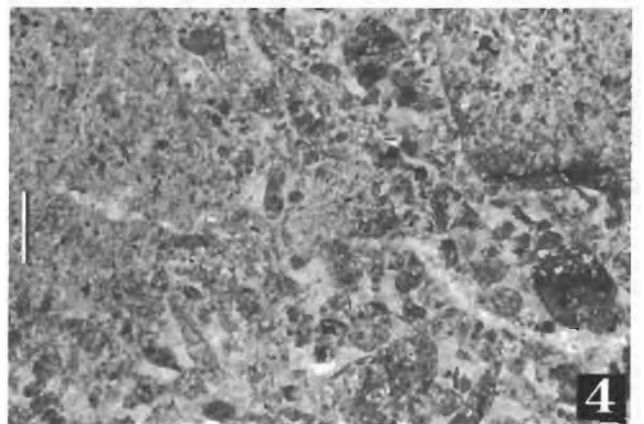
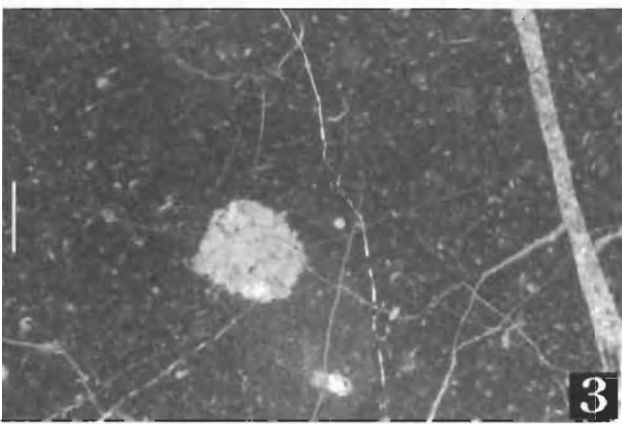
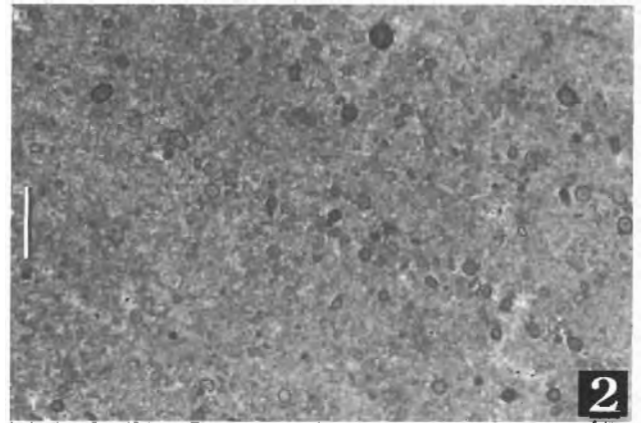
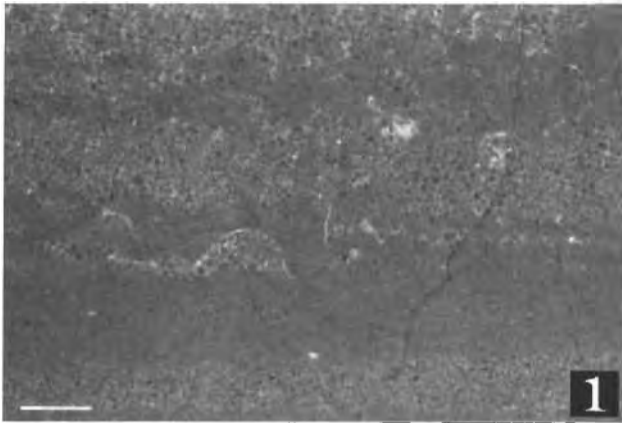
Die Bohrung I wurde 1928 im Lethschacht des Wolfdietrichstollens bei einer Teufe von 339 m beendet. Diese Bohrung ist dargestellt in AMPFERER (1936). In den Jahren 1933/34 folgte

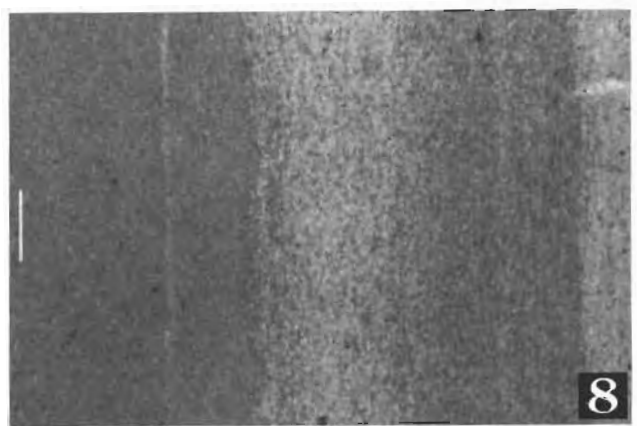
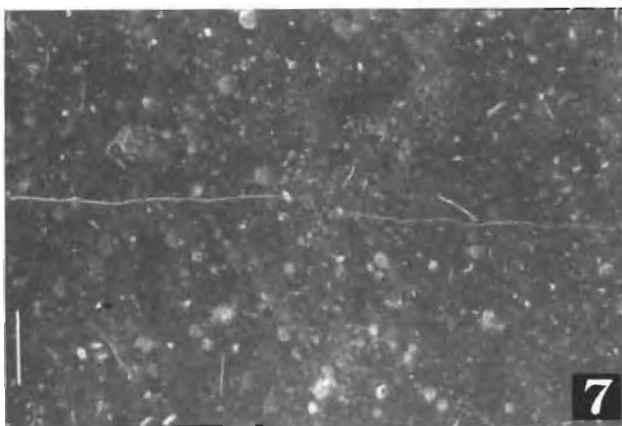
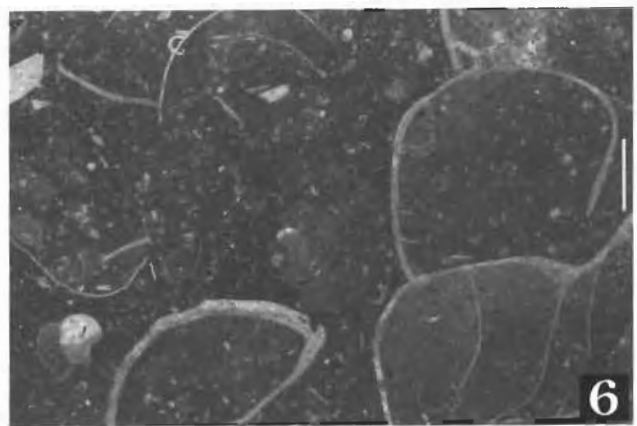
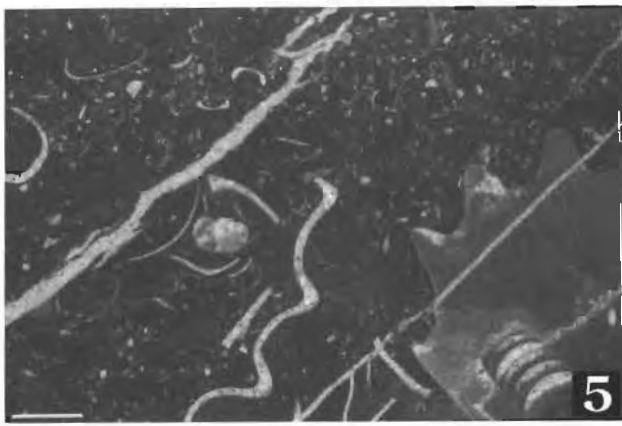
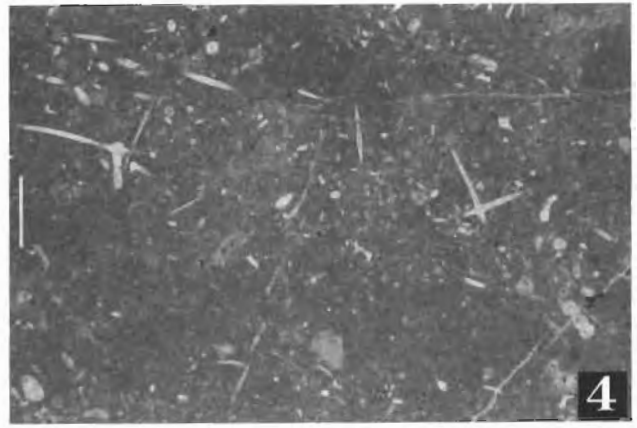
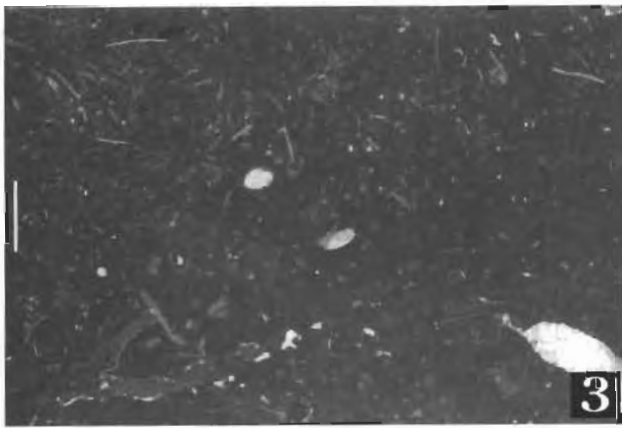
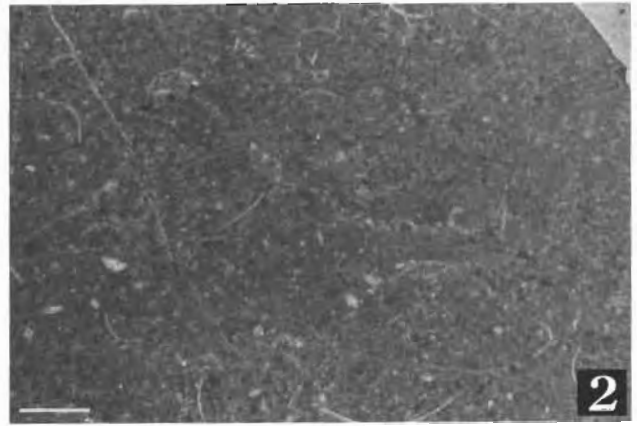
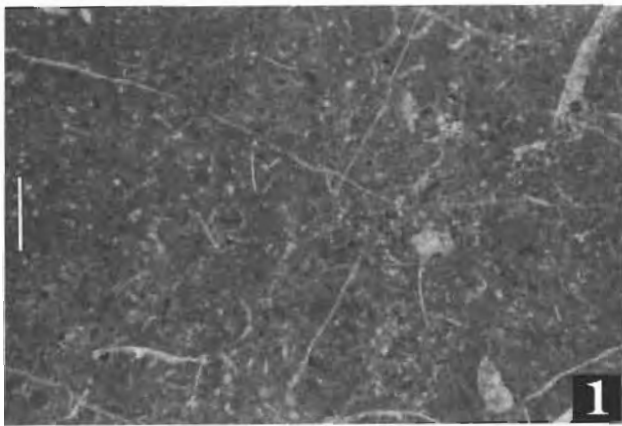
die Bohrung II 250 m nordöstlich von der Bohrung I (Bohrtiefe 166 m - Unter-Kreide als Basis). 1942 und 1943 folgten die Bohrungen III (Bohrtiefe 449 m) und IV (Bohrtiefe 282 m) in der Nähe von Bohrung I und 1943 die Bohrung V 250 m (Bohrtiefe 460 m) südwestlich der Bohrungen I, III und IV. Die Ergebnisse der Bohrungen II bis V sind in PETRASCHKE (1947) dargestellt (vgl. dazu RAUCHEGGER 1983, DÖRFLER & MALLY 1984). Sie hatten zum Ergebnis, daß das Haselgebirge von Oberalmer bzw. Schrambachschichten unterlagert wird (vgl. u. a. AMPFERER 1936, PETRASCHKE 1947, MEDWENITSCH 1958, PLÖCHINGER 1990, 1996 - Bohrung III - *Calpionella alpina* LORENZ 1902, *Calpionella elliptica* CADISCH 1932 und *Tintinopsella carpathica* MURGEANU & FILIPESCU 1933 (LEISCHNER in MEDWENITSCH 1962, 1963a (zuerst als Lias-Fleckenmergel oder Zlambachschichten nach MEDWENITSCH (1958) gedeutet).

Zusätzlich treten noch Oberalmer Schichten (hoher Ober-Jura - Abb. 8/8, Abb. 9/8) und eine Brekzie mit bisher unbekannter stratigraphischer Stellung (wahrscheinlich Mittel-Trias, Gutensteiner Kalk - Abb. 8/5, 6) auf. Diese Neukartierung des Wolfdietrichstollens in Kombination mit stratigraphischen und faziellen Untersuchungen der Schichtfolge von GAWLICK & LEIN (1997) zeigt, daß eine

Abb. 8: 1) Gutensteiner Kalk, A2616, Wolfdietrichstollen, m 1280, (= Lage im Brekzienniveau); Wechselfolge von Pelsparit- und Wackestonelagen. 2) Gutensteiner Kalk, A2627, Wolfdietrichstollen, m 291; pelsparitischer Grainstone mit Pisoiden. 3) Übergangsbereich Gutensteinerkalk/Steinalmkalk, Wolfdietrichstollen, m 535; Wackestone mit Peloiden und Biogenen (Foraminiferen, Schwammnadeln). 4) Steinalmkalk (brekziiert), A 2607, Wolfdietrichstollen, m 517; Intraklastenführender Grainstone. 5) + 6) Brekzie mit Komponenten aus Gutensteiner Kalk, A2618/1, Wolfdietrichstollen, m 1433. 7) Steinalmkalk, A2515, Wolfdietrichstollen, m 135; Algenrhythmit. 8) Oberalmer Schichten, A2624/2, Wolfdietrichstollen; radiolarienführender Wackestone. - = 1 mm.

Fig. 8: 1) Gutenstein limestone, A2616, Wolfdietrich horizon, m 1280; layers of pelsparit and wackestones. 2) Gutenstein limestone, A2627, Wolfdietrich horizon, m 291, pelsparitic grainstone with pisoids. 3) Transition Gutenstein/Steinalmk limestone, Wolfdietrich horizon, m 535; wackestone with peloids, foraminifera and spicula. 4) Steinalmk limestone (brecciated), A 2607, Wolfdietrich horizon, m 517; graistone with intraclasts. 5) + 6) Breccia with components of Gutenstein limestone, A2618/1, Wolfdietrich horizon, m 1433. 7) Steinalmk limestone, A2515, Wolfdietrich horizon, m 135; laminated algae. 8) Limestone of the Oberalm Formation, A2624/2, Wolfdietrich horizon, m 1710; wackestone with radiolarians. - = 1 mm.





In den Jahren 1983 und 1984 kamen die Bohrungen XVIII bis XXIV hinzu, die die Lagerstättengrenze genauer erfassen sollten (DÖRFLER & MALLY 1984) und die sowohl die Lobkowitz-Einlagerung als auch eine eigenständige Kalk-Dolomit-Scholle im Grenzbereich der Lercheck-Scholle mehrfach erreichten (DÖRFLER & MALLY 1984). Genauere Beschreibungen bzw. Untersuchungen der erbohrten Kalke und Dolomite wurden allerdings nicht vorgenommen. Bei 1270 m im Bereich des Wetterschurfes wurde eine weitere Bohrung (Bohrung WD II, 1972) mit einer Tiefe von 404,4 m abgeteuft, die nach PLÖCHINGER (1996) in karnisch-norischem Hallstätter Kalk ansetzt, darunter Zill- bzw. Steinalmkalk durchteuft und schließlich Werfener Schichten erreicht und in diesen endet. Die Originalbohrprofilaufnahme von SCHAUBERGER (1972 - zitiert in einem internen Bericht der Saline 1972; dargestellt und ergänzt in DÖRFLER & MALLY 1984) verzeichnet am Bohransatzpunkt einen mylonitisierten Bereich (= Brekzienhorizont - vgl. Abb. 11), darunter Hallstätter Kalk und schließlich, im Liegenden, einen lithologisch nicht näher charakterisierten Bereich, der nach DÖRFLER & MALLY (1984) keinesfalls aber Werfener Schichten darstellt. SCHAUBERGER (1972 - zitiert in einem internen Bericht der Saline 1972) beschreibt aus Cuttings bis 5 m einen dolomitischen Kalk, in einer Tiefe von 66-68 m eine Störungszone mit schwarzgrauen Mergeln und Schiefen und ab 176 m bis zur Endteufe Werfener Schichten in flacher Lagerung anhand von 8 Kernen, die zwischen 176 m und 379 m gewonnen wurden.

### 3. Zusammenfassung

Auf der Basis der Neukartierung der Oberfläche und der Stollenprofile im Jakobberg- und Wolfdietrichstollen (GAWLICK & LEIN 1997) kann sowohl eine Decken-Zweigliederung im Sinne von MEDWENITSCH (ab 1949) als auch die Existenz einer einheitlichen Hallstätter Decke im Sinne von PLÖCHINGER (1996) und TOLLMANN & KRISTAN-TOLLMANN

(1970) nicht bestätigt werden.

Die stratigraphischen und faziellen Untersuchungen zeigen vielmehr, daß es sich bei den Hallstätter Serien innerhalb der Stollenprofile und an der Oberfläche um lithologische Abfolgen in jeweils tektonisch isolierten Schollen handelt, wie sie für den Hallstätter Salzbergfaziesraum durchaus typisch sind: über einem hellen, dickbankigem Kalk des Ober-Ladin/Unter-Karn als Äquivalent des Grauvioletten Bankkalkes folgt das unterkarnische Terrigenintervall, darüber der Rote Bankkalk, der Massiger Hellkalk, der Hangendrot- und -graukalk, Zlambachschichten und schließlich Allgäuschichten i. w. S., die hier im Bereich Hallein - Bad Dürrnberg als Jakobbergserie (vgl. KOLLMANN 1963) bezeichnet werden. Diese Abfolge, wie sie im Stollenprofil des Jakobbergstollens rekonstruiert werden kann, ist auch in den Hallstätter Kalk Vorkommen an der Oberfläche zwischen Hallein und Bad Dürrnberg komplett gleichartig entwickelt aufgeschlossen, auch der bisher fehlende Nachweis der Jakobbergserie bzw. liassischer Hallstätter Folgen konnte neuerdings erbracht werden (SUZUKI, MISSONI & GAWLICK 2000). Die bisher als Zlambachschichten gedeuteten Serien im Bereich südlich der Barmsteine (u. a. PLÖCHINGER 1996) sind auf Grund der enthaltenen Radiolarienfauna in das Sinemur zu stellen.

Grundlage für die Neuinterpretation des tektonischen Bauplanes des Hallein - Bad Dürrnberger Salzberges und seines Rahmens sind die Neukartierungen des Wolfdietrichstollens und des Jakobbergstollens (GAWLICK & LEIN 1997) sowie die Ergebnisse der Neukartierung obertags (PYTEL 1999) und stratigraphische und fazielle Untersuchungen der Schichtfolgen (GAWLICK & LEIN 1997, GAWLICK et al. in Druck).

Trotz der geringen Vertikaldistanz von nur 100 m zwischen diesen beiden übereinanderliegenden und weitgehend gleich orientierten Stollen (Abb. 3) unterscheiden sich diese beiden Aufschlußgruppen in ihrem Stoffbestand beträchtlich. Ursache dafür ist eine SSW-NNE streichende Störung

---

Abb. 9: 1) Mitteltriadischer Hallstatt limestone (= Bank unmittelbar unter den Halobienschiefen), A2604, Jakobbergstollen, m 788; biogenführender Wacke- bis Packstone mit Daonellenschalen, Radiolarien und Foraminiferen. 2) Mitteltriadischer Hallstätter Kalk, A2523/1, Jakobbergstollen, m 765 (= Lokalität einer der von MEDWENITSCH erwähnten "Diploporenfundstellen"); biogenführender Wackestone. 3) Obertriadischer Hallstätter Kalk (Massiger Hellkalk), A2601, Jakobbergstollen, m 400; biogenführender Wackestone mit Halobienschalen, kalzitgefüllten Sphären (?Radiolarien), bioturbat durchmischt. In den Stollenaufnahmen von MEDWENITSCH ist dieses Schichtglied als "Wettersteinkalk" geführt. 5) + 6) Obertriadischer Hallstätter Kalk (Hangendgraukalk), A2521, Jakobbergstollen, m 990; biogenführender Wackestone mit Ammoniten und Gastropoden. 7) Hallstätter Kalk, A2606, Wolfdietrichstollen, m 1865; radiolarienführende Wackestone. 8) Oberalm Schichten, A2628, Wolfdietrichstollen, m 148; Wechselfolge von sterilen Mudstones mit Pelsparitfolgen. - = 1 mm.

Fig. 9: 1) Hallstatt limestone (middle Triassic), A2604, Jakobberg horizon, m 788; wacke- and packstone with Daonella, radiolarians and foraminifera. 2) Hallstatt limestone (middle Triassic), A2523/1, Jakobberg horizon, m 765, wackestone (see MEDWENITSCH: "Wetterstein limestone"). 3) Hallstatt limestone (upper Triassic), "Massiger Hellkalk", A2601, Jakobberg horizon, m 400; wackestone with Halobiidae, calcitic ?radiolarians, bioturbated (see MEDWENITSCH: "Wetterstein limestone"). 4) Hallstatt limestone (upper Triassic), "Hangendgraukalk", A2525, Jakobberg horizon, m 260, wackestone with spicula and foraminifera. 5) + 6) Hallstatt limestone (upper Triassic), "Hangendgraukalk", A2521, Jakobberg horizon, m 990; wackestone with ammonites and gastropods. 7) Hallstatt limestone, A2606, Wolfdietrich horizon, m 1865; wackestone with radiolarians. 8) Limestone of the Oberalm Formation, A2628, Wolfdietrich horizon, m 148; mudstones and pelsparit. - = 1 mm.



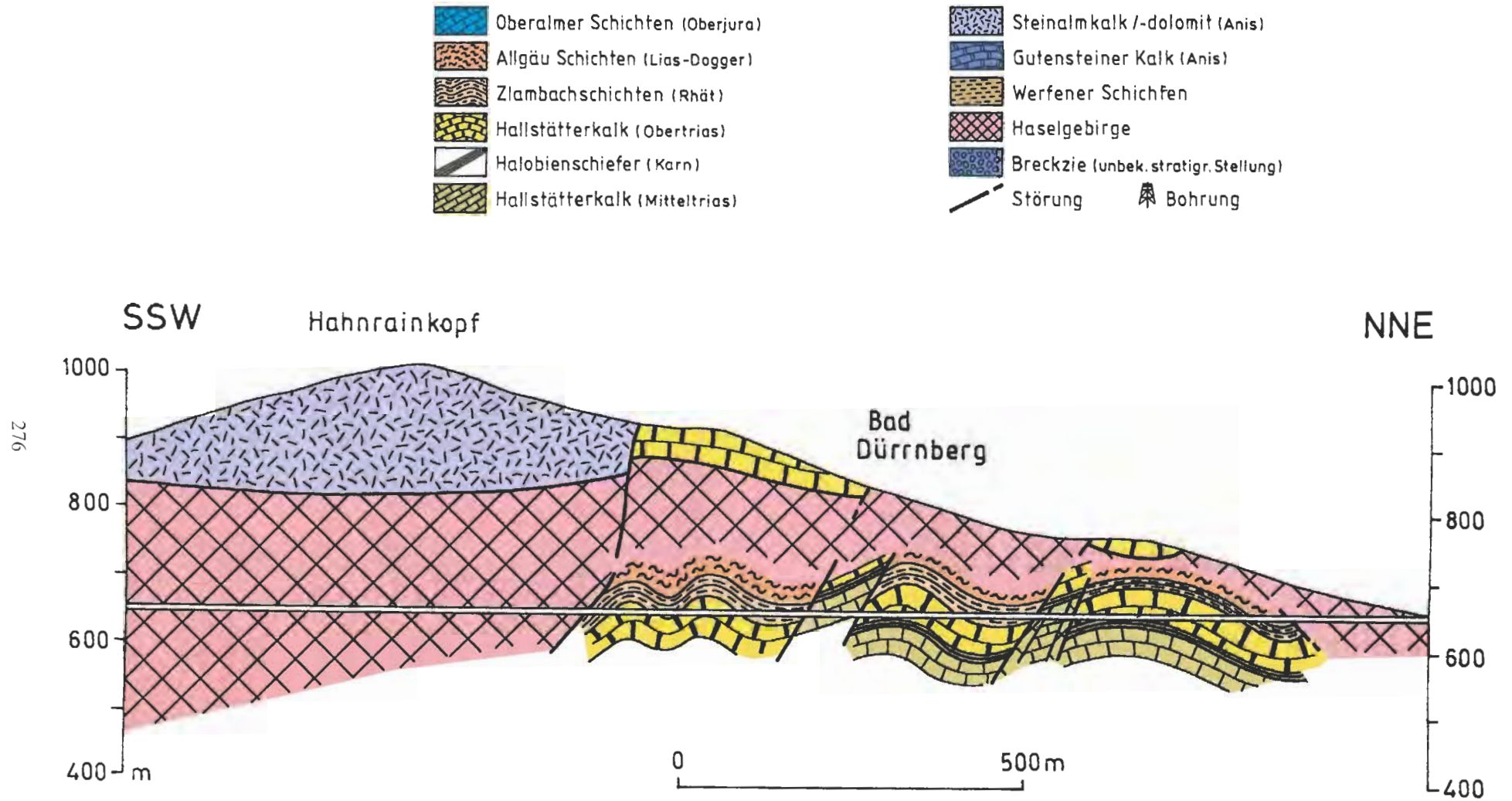


Abb. 10: Querprofil durch den Hallein - Bad Dürrnberger Salzbergin der Linie des Jakobbergstollens. Zur Lage des Profiles vgl. Abb. 2.

Fig. 10: Cross section of the Hallein – Bad Dürrnberg salt mine in the line of the Jakobberg horizon (see Fig. 2).

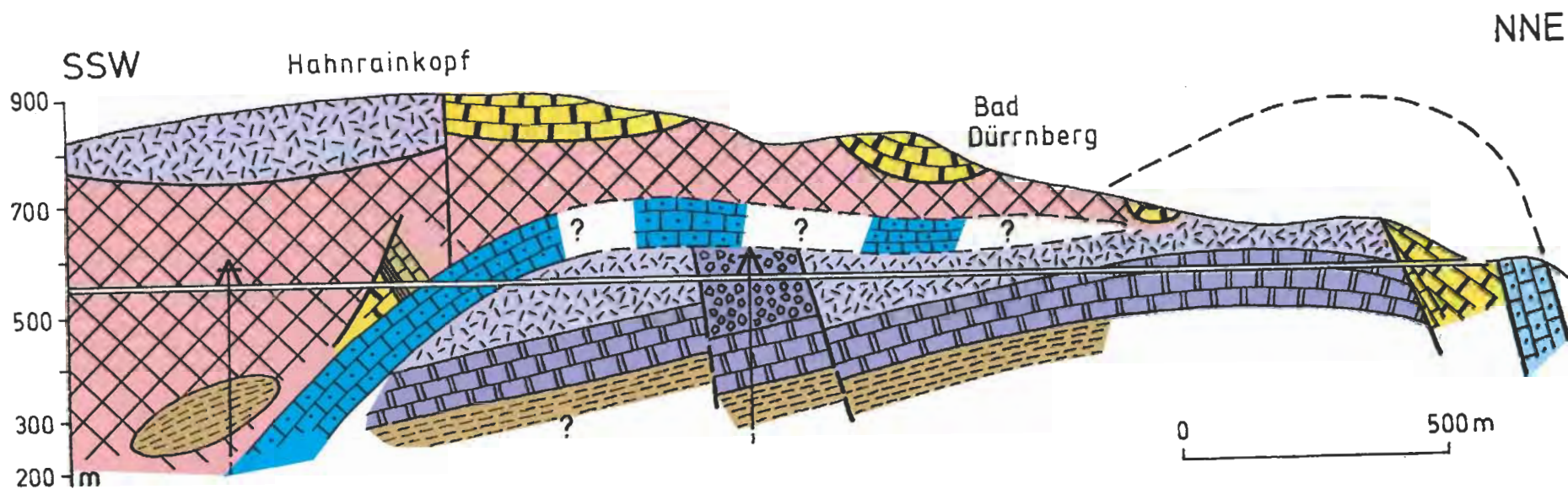
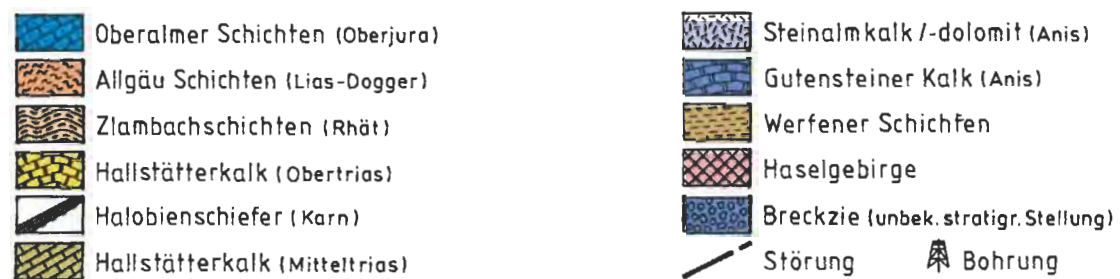


Abb. 11: Querprofile durch den Hallein - Bad Dürrnberger Salzberg in der Linie des Wolfdietrichstollens. Zur Lage des Profiles vgl. Abb. 2.

Fig. 11: Cross sections of the Hallein – Bad Dürrnberger salt mine in the line of the Wolfdietrich horizon (see Fig. 2).



zwischen den beiden Stollen.

Während im Wolfdietrichstollen einerseits die Hallstätter Kalke und andererseits die Oberalmer Schichten tektonisch direkt an anisische Kalke und Dolomite (Gutensteiner Kalk/dolomit, Steinalmkalk/-dolomit) grenzen, die den größten Teil der Strecke aufbauen (Abb. 6), ist im Jakobbergstollen nur eine, wenn auch mehrfach gestörte bzw. verdoppelte, Hallstätter Schichtfolge vom Ober-Ladin bis in den Lias aufgeschlossen (Abb. 5).

Die Oberalmer Schichten überlagern dabei die mitteltriassischen Abfolgen und werden ihrerseits von Haselgeirge und mitverfrachteten Hallstätter Kalk-Schollen überlagert (vgl. Abb. 11). Indem die im Jakobbergstollen zwischen 265-516 m und von MEDWENITSCH (ab 1949) als Wettersteinkalk gedeutete Serie nunmehr als Teil der Hallstätter Buntkalkentwicklung erkannt worden ist, fehlt nun ein wichtiger Anknüpfungspunkt zu den Seichtwasserkarbonaten (= Steinalmkalk/-dolomit) des Wolfdietrichstollens. Die räumliche Verbindung dieser beiden Stollenprofile in der Art, wie sie bisher (vgl. Abb. 2) angedeutet wurde, ist somit hypothetisch. Auch das Querprofil von GAWLICK et al. (in Druck) stellt daher nur den prinzipiellen geologischen Aufbau im Sinne von isolierten Einzelschollen dar, die durch jüngere Störungssysteme zusätzlich gegeneinander versetzt worden sind.

Deshalb wird in den Profilen (Abb. 10, Abb. 11)

a) in der Linie des Jakobbergstollens (Abb. 10)

b) in der Linie des Wolfdietrichstollens (Abb. 11)

keine Projektion mehr vorgenommen, da die beiden Stollen jeweils durch tektonisch voneinander isolierte Schollen bzw. Schuppen verlaufen.

Als Gefügeinventar ist eine generell Nordnordost-vergent gerichtete Zerlegung und Zergleitung der Schichtfolgen festzustellen, wobei an den einzelnen Störungen immer wieder Haselgebirge eingeschuppt ist (GAWLICK & LEIN 1997, Abb. 4, Abb. 6). Diese Nordnordost-Vergenz der Störungen steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit einem relativ jungen Auftrieb des Haselgebirges im Bereich des Hallein - Bad Dürrnberger Salzberges.

GAWLICK & LEIN (1997) interpretieren die verschiedenen Schichtfolgen, die im Bereich der Hallein - Bad Dürrnberger Hallstätter Zone auftreten, als ursprünglich jeweils voneinander isolierte Gleitschollen (im Sinne der Jurassischen Gleittektone), die durch jüngere Störungen zerlegt wurden. Der Zeitpunkt der Platznahme der einzelnen Schollen kann im Bereich Hallein - Bad Dürrnberg allerdings nicht endgültig beantwortet werden. Es kommt der frühe Oberjura (Radiolarit-Niveau – GAWLICK 1996, GAWLICK et al. 1999) als Zeitpunkt der tektonischen Platznahme der Schollen in Frage. Die obertriassischen Hallstätter Kalke wurden im Zuge der (wahrscheinlich sehr) jungen Platznahme des Haselgebirges im Raum Bad Dürrnberg huckepack mitgeschleppt. Sie schwimmen heute ausnahmslos auf Haselgebirge (Abb. 10, Abb. 11).

Bei den einzelnen Hallstätter Schichtfolgen handelt es sich um jeweils isolierte Schollen im Sinne der jurassischen Gleittektone (GAWLICK & LEIN 1997) mit einer Platznahme zur Zeit des höheren Oxford (= unteres Radiolaritniveau), was durch das Auftreten von liassischen Folgen aus dem

Hallstätter Faziesbereich im Bereich der Hallein - Bad Dürrnberger Hallstätter Schollenregion und faziell gleichartigen und gleichalten Brekzienkomponenten in Kiesel-sedimenten des höheren Oxford im Bereich der Torrener-Joch-Zone (= Lammer Becken; Strubbergsschichten – GAWLICK 1996) bestätigt wird (SUZUKI, MISSONI & GAWLICK 2000).

## Dank

Wir bedanken uns bei Herrn P. Wallmann (Betriebsleiter der Saline) für die Erlaubnis, die Profile im Jakobberg- und Wolfdietrichhorizont neu untersuchen zu können und seine Unterstützung bei der Einsichtnahme in unveröffentlichte Berichte der Saline. Prof. Dr. L. Krystyn (Wien) überprüfte die Conodontenfaunen und gab Hinweise zur stratigraphischen Einstufung. Prof. Dr. W. Piller (Graz) bestimmte die Foraminiferen.

## Literaturverzeichnis

- AMPFERER, O. (1936): Die geologische Bedeutung der Halleiner Tiefbohrung. - Jb. Geol. B.-A., **86**: 89-114, Wien.
- Bericht über die Tiefbohrung WD II im Wolfdietrichstollen des Salzbergbaues Dürrnberg bei Stollenmeter 1270. - Unveröffentl. Bericht der Saline, 1-8, Beil. 1-3, Hallein.
- BEYSLAG, F. (1922): Der Salzstock von Berchtesgaden als Typus alpiner Salzlagerstätten verglichen mit norddeutschen Salzhorsten. - Z. prakt. Geol., **30**: 1-6, Halle (Saale).
- BIRNBACHER, R. (1925): Der Dürrnberger Salzbergbau. - 1-63, (Zaurith) Salzburg.
- BITTNER, A. (1882): Aus dem Halleiner Gebirge. - Verh. Geol. R.-A., **1882**: 235-240, Wien.
- BRANDNER, R. (1954), mit Beiträgen von SCHAUBERGER, O. und HELI, M.: Salzbergwerk Hallein-Dürrnberg. - 1-49, (Gabriel & Co) Salzburg.
- BRAUN, R. (1997): Torrener-Joch-Zone/Jenner/Hoher Göll – eine durch Kontinent/Kontinent-Kollision ausgelöste Gleitdecke in den Tauglbodenschichten (mittlerer Oberjura) der Berchtesgadener Alpen. - Unveröff. Diss. Philipps-Universität Marburg/Lahn, 1-249, 4 Beil., Marburg/Lahn.
- CADISCH, J. (1932): Ein Beitrag zum Calpionellenproblem. - Geol. Rundsch., **23**: 241-257, Berlin.
- DÖRFLER, K. & MALLY, E. (1984): Die Bohrungen XVIII bis XXIV im Wolf-Dietrich-Horizont des Salzberges Dürrnberg bei Hallein. - Unveröff. Meldearb. Montanuniv. Leoben, Anlagen, 1-18, Leoben.
- FUGGER, E. (1907): Geologische Karte der Österreichisch-ungarischen Monarchie, Blatt Hallein und Berchtesgaden 1:75000 mit Erläuterungen. - 1-34, Geol. R.-A, Wien.
- GAWLICK, H.-J. (1996): Die früh-oberrjurassischen Brekzien der Stubbergsschichten im Lammertal - Analyse und tektonische Bedeutung (Nördliche Kalkalpen, Österreich). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **39/40**: 119-186, Wien.
- GAWLICK, H.-J. & BÖHM, F. (in Druck): Sequence and Isotope stratigraphy of Late Triassic distal periplatform limestones – an example from the Northern Calcareous Alps (Kälberstein quarry, Berchtesgaden Hallstatt Zone). - Geol. Rundsch., Berlin.
- GAWLICK, H.-J., FRISCH, W., VECSEI, A., STEIGER, T. & BÖHM, F. (1999): The change from rifting to thrusting in the Northern Calcareous Alps as recorded in Jurassic sediments. - Geol. Rundsch., **87**: 644-657, Berlin.

- GAWLICK, H.-J., KRZYSTYN, L. & LEIN, R. (1994): CAI-Paleotemperatures and metamorphism in the Northern Calcareous Alps - a general view. - *Geol. Rundsch.*, **83**: 660-664, Berlin.
- GAWLICK, H.-J. & LEIN, R. (1997): Neue stratigraphische und fazielle Daten aus dem Jakobberg- und Wolfdietrichstollen des Hallein - Bad Dürnberger Salzberges und ihre Bedeutung für die Interpretation der geologischen Verhältnisse im Bereich der Hallein - Berchtesgadener Schollenregion. - *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, **22**: 199-225, Innsbruck.
- GAWLICK, H.-J., LEIN, R., PIROS, O. & PYTEL, C. (in Druck): Zur Stratigraphie und Tektonik des Hallein - Bad Dürnberger Salzberges - Neuergebnisse auf der Basis von stratigraphischen und faziellen Daten (Nördliche Kalkalpen, Salzburg). - *Abh. Geol. B.-A.*, 00: 000-000, Wien.
- GEISSLER, P. & HELING, D. (1952): Salzbergwerk Dürnberg bei Hallein. I. Geologische Aufnahme des alten Wetterschurfes am Jakobberg-Hauptstollen. Probennahme. - Unveröff. Meldearb. Montanuniv. Leoben, 1-6, Anlagen, Leoben.
- GÜMBEL, C.W. v. (1861): Geognostische Beschreibung des bayrischen Alpengebirges und seines Vorlandes. - I-XX, 1-950, (Perthes Verlag) Gotha.
- HAHN, F.F. (1913): Grundzüge des Baues der nördlichen Kalkalpen zwischen Inn und Enns. - *Mitt. geol. Ges. Wien*, **6**, Teil I: 238-356, Teil II: 374-501, Wien.
- KELLERBAUER, S. (1996): Geologie und Geomechanik der Salzlagerrstätte Berchtesgaden. - *Münchner Geol. Hefte, Reihe B: Angewandte Geologie*, **2**: 1-101, 1 Geol. Karte, München.
- KOBER, L. (1949): Moderne Alpengeologie und der Salzbergbau. - *Berg- und Hüttenm. Mh.*, **94** (3): 41-42, Leoben.
- KOBER, L. (1955): Bau und Entstehung der Alpen. - 2. Aufl., 1-379 (Deuticke) Wien.
- KOCHANSKY-DEVIDÉ, V. & PANTIC, S. (1966): Meandrosira gen. n., un nouveau genre de Foraminifères du Trias alpin. - *Riv. Ital. paleont.*, **75/4**: 697-704, Milano.
- KOLLMANN, K. (1960): Ostracoden aus der alpinen Trias Österreichs. I. Parabairdia n. g. und Ptychobairdia n. g. (Bairdiidae). - *Jb. Geol. B.-A.*, Sbd. 5: 79-106, Wien.
- KOLLMANN, K. (1963): Ostracoden aus der alpinen Trias. II. Weitere Bairdiidae. - *Jb. Geol. B.-A.*, **106**: 121-203, Wien.
- LANGENSCHIEDT, E. (1994): Geologie der Berchtesgadener Berge. - 1-155, Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, (Berchtesgadener Anzeiger) Berchtesgaden.
- LEIN, R. (1987a): Evolution of the Northern Calcareous Alps During Triassic Times. - (In: FLÜGEL, H.W. & FAUPL, P. (Ed.): *Geodynamics of the Eastern Alps*), 85-102, (Deuticke) Wien.
- LEIN, R. (1987b): Zur Verbreitung der Hallstätter Zone beiderseits des Pyhrn-Passes. - *Oö. Geonachrichten*, **2**, Folge 2: 21-37, Linz.
- LEUCHS, K. (1948): Orogenese im Kalkalpengebirge in Trias-, Jura- und Unterkreidezeit. - *Sitzber. österr. Akad. Wiss. math.-natwiss. Kl., Abt. A*, **157**: 39-53, Wien.
- LILJENBACH, L. v. (1830): Ein Durchschnitt aus den Alpen mit Hindeutung auf die Karpathen. - *N. Jb. Min. Geol.* **1**: 153-220, Heidelberg.
- LIPOLD, M. v. (1854): Der Salzberg am Dürnberg nächst Hallein. - *Jb. Geol. R.-A.*, **1854**: 590-610, Wien.
- LORENZ, T. (1902): Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Fazies. II. Der südliche Rhätikon. - *Ber. naturforsch. Ges. Freiburg/Br.*, **12**: 35-95, Freiburg/Br.
- MEDWENITSCH, W. (1949): Fossilfund im Halleiner Salzberg. - *Berg- und Hüttenmänn. Mh.*, **94** (3): 65-66, Leoben.
- MEDWENITSCH, W. (1958): Zur Geologie des Halleiner Salzberges. Die Profile des Jakobberg- und Wolfdietrichstollens. - *Mitt. geol. Ges. Wien*, **51**: 197-218, Wien.
- MEDWENITSCH, W. (1962): Die Bedeutung der Grubenaufschlüsse des Halleiner Salzberges für die Geologie des Ostrand der Berchtesgadener Schubmasse. - *Z. dt. Geol. Ges.*, **113**: 463-494, Hannover.
- MEDWENITSCH, W. (1963a): Zur Geologie des Halleiner und Berchtesgadener Salzberges. - *Mitt. Naturwiss. Arbeitsgem. Haus der Natur*, **1963**: 1-18, Salzburg.
- MEDWENITSCH, W. (1963b): D III: Halleiner Salzberg (Dürnberg). - [In: GRILL, R., KOLLMANN, K., KÜPPER, H. & OBERHAUSER, R. (Hrsg.): *Exkursionsführer für das Achte Europäische Mikropaläontologische Kolloquium in Österreich*], *Verh. Geol. B.-A.*, Sonderheft **F**: 67-81, Wien.
- MOJSISOVICS, E. v. (1889): Nachweis der Zone des *Tropites subbulatus* in den Hallstätter Kalken bei Hallein. - *Verh. Geol. R.-A.*, **1889**: 277-280, Wien.
- MURGEANU, G. & FILIPESCU, M.G. (1933): *Calpionella carpathica* n. sp. dans les Carpathes roumaines. - *Notat. biol.*, **1**: 4-63.
- OBERHAUSER, R. (1960): Foraminiferen und Mikrofossilien "incertae sedis" der iadinischen und karnischen Stufe der Trias aus den Ostalpen und aus Persien. - *Jb. Geol. B.-A.*, **5**: 5-46, Wien.
- OTT, E. (1967): Dasycladaceen (Kalkalgen) aus der nordalpinen Obertrias. - *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **7**: 207-226, München.
- PACHER, W. (1987): Geologische Untersuchungen zur Festlegung einer Zielbohrung zur Ableitung der Teufenbach Selbstwässer beim Salzbergbau Hallein der Österreichischen Salinen AG. - Unveröff. Meldearb. Montanuniv. Leoben, 1-11, Anlagen, Leoben.
- PETRASCHEK, W.E. (1947): Der tektonische Bau des Hallein-Dürnberger Salzberges. - *Jb. Geol. B.-A.*, **XC** (1945): 3-19, Wien.
- PETRASCHEK, W.E. (1949): Die geologische Stellung der Salzlagerrstätte von Hallein. - *Berg- und Hüttenmänn. Mh.*, **94** (3): 60-63, Leoben.
- PIA, J.V. (1920): Die Siphoneae verticillatae vom Karbon bis zur Kreide. - *Abh. zool. bot. Ges. Wien*, **11/2**: 1-263, Wien.
- PICHLER, H. (1963): Geologische Untersuchungen im Gebiet zwischen Roßfeld und Markt Schellenberg im Berchtesgadener Land. - *Beih. Geol. Jb.*, **48**: 129-204, Hannover.
- PLÖCHINGER, B. (1955): Zur Geologie des Kalkalpenabschnittes vom Torrener Joch zum Ostfuß des Untersberges; die Göllmasse und die Halleiner Hallstätter Zone. - *Jb. Geol. B.-A.*, **98**: 93-144, Wien.
- PLÖCHINGER, B. (1974): Gravitativ transportiertes permisches Haselgebirge in den Oberalmer Schichten (Tithonium, Salzburg), mit einem Beitrag von I. DRAXLER. - *Verh. Geol. B.-A.*, **1974**: 71-88, Wien.
- PLÖCHINGER, B. (1976): Die Oberalmer Schichten und die Platznahme der Hallstätter Masse in der Zone Hallein-Berchtesgaden, mit Beiträgen von K. BADER und H. HOLZER. - *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **151**: 304-324, Stuttgart.
- PLÖCHINGER, B. (1983): Salzburger Kalkalpen. - *Samml. geol. Führer*, **73**: 1-144, Stuttgart.
- PLÖCHINGER, B. (1984): Zum Nachweis jurassisch-kretazischer Eingleitungen von Hallstätter Gesteinsmassen beiderseits des Salzach-Quertales (Salzburg). - *Geol. Rdsch.*, **73**: 293-306, Stuttgart.
- PLÖCHINGER, B. (1987): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000, 94 HALLEIN. - *Geol. B.-A.* 1987, Wien.
- PLÖCHINGER, B. (1990): Erläuterungen zu Blatt 94 Hallein im Salzkammergut der österreichischen Karte der Republik Österreich 1:50000. - 1-76, *Geol. B.-A.*, **1990**: Wien.
- PLÖCHINGER, B. (1995): Tectonics of the Northern Calcareous Alps: a review. - *Mem. Sci. Geol.*, **47**: 73-86, Padova.
- PLÖCHINGER, B. (1996): Das Halleiner Salinargebiet (Salzburg) im Geotopenschutz-Projekt. - *Jb. Geol. B.-A.*, **139**: 497-504, Wien.
- PYTEL, C. (1999): Stratigraphie, Fazies und Tektonik im Bereich der Salzlagerrstätte Bad-Dürnberg-Hallein (Nördliche Kalkalpen, Salzburg). - Unveröff. Dipl. Arb. Montanuniv. Leoben, 1-108, Leoben.
- RAUCHEGGER, F. (1983): Die Geologie des Hallein-Dürnberger Salzstockes. - Unveröff. Meldearb. Montanuniv. Leoben, 1-23, Anlagen, Leoben.
- SCHAFHÄUTL, K.E. v. (1851): Geognostische Untersuchungen des südbayrischen Alpengebirges. - 1-206, Taf. 1-45, München.
- SCHAUBERGER, O. (1949): Die stratigraphische Aufgliederung des alpinen Salzgebirges. - *Berg- und Hüttenmänn. Mh.*, **94** (3): 46-56, Leoben.
- SCHAUBERGER, O. (1953): Salzlagerrstätte Dürnberg-Hallein. - Ex-

- kursionsführer Mineralogentagung, Leoben.
- SCHAUBERGER, O. (1979): Die alpinen Salzlagerstätten. - Verh. Geol. B.-A., 1979: 455-459, Wien.
- SCHLOSSER, M. (1898): Das Triasgebiet von Hallein. - Z. dt. Geol. Ges., 50: 333-385, Berlin.
- SCHMIDT, A.R. (1872): Über die Salzlagerungsverhältnisse am Dürrnberg bei Hallein. - Österr. Z. Berg. u. Hüttenw., 1872: 323-324, 1 Beilage, Wien.
- SCHWEIGL, J. (1997): Kinematik der zentralen Nördlichen Kalkalpen (Ostalpen). - Unveröff. Diss. Univ. Salzburg., 1-213, Salzburg.
- SCHWEIGL, J. & NEUBAUER, F. (1997): Structural evolution of the central Northern Calcareous Alps: Significance for the Jurassic to Tertiary geodynamics in the Alps. - Eclogae geol. Helv., 90: 303-323, Basel.
- SEIDL, E. (1927): Die Salzstöcke des deutschen (germanischen) und des Alpen-Permsalz-Gebietes. - Kali, 21: 346-360, Halle/Saale.
- SPÖTL, Ch. (1988): Schwefelisotopendatierungen und fazielle Entwicklung permoskythischer Anhydrite in den Salzbergbauen von Dürrnberg/Hallein und Hallstatt (Österreich). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 34/35: 209-229, Wien.
- SPÖTL, Ch. (1989): The Alpine Haselgebirge Formation, Northern Calcareous Alps (Austria): Permo-Skythian evaporites in an alpine thrust system. - Sedimentary Geology, 65: 113-125, Amsterdam.
- SUZUKI, H., MISSONI, S. & GAWLICK, H.-J. (2000): Radiolarien aus unterliassischen Beckensedimenten der Hallstätter Zone aus polymikten oberjurassischen Brekzienkörpern der Torrener-Joch-Zone (Nördliche Kalkalpen, Königsbachgraben, Berchtesgadener Land, Deutschland). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 43: 131-132, Wien.
- TOLLMANN, A. (1973): Grundprinzipien der alpinen Deckentektonik. - 1-404, (Deuticke) Wien.
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich, Band 2. - 1-710, (Deuticke) Wien.
- TOLLMANN, A. (1987): Late Jurassic/Neocomian Gravitational Tectonics in the Northern Calcareous Alps in Austria. - (In: FLÜGEL, H.W. & FAUPL, P. (Ed.): Geodynamics of the Eastern Alps), 112-125, (Deuticke) Wien.
- TOLLMANN, A. & KRISTAN-TOLLMANN, E. (1970): Geologische und mikropaläontologische Untersuchungen im Westabschnitt der Hallstätter Zone in den Ostalpen. - Geologica et Palaeontologica, 4: 87-145, Marburg/Lahn.
- WURDINGER, H. (1961): Untersuchungen über den Streckenausbau in alpinen Salzlagerstätten. - Unveröff. Staatsprüfungsarb., Montanuniv. Leoben, 1-65, Leoben.
- ZANKL, H. (1971): Upper Triassic Carbonate Facies in the Northern Limestone Alps. - (In: MÜLLER, G. & FRIEDMAN, G. (Ed.): Sedimentology of parts of Central Europe), 147-185, (Kramer) Frankfurt.