

Ergebnisse geomorphologischer Detailkartierung an einem Beispiel der Salzburger Kalkvoralpen

Von Hans-Erich STOCKER, Salzburg

1. Einleitung

In den Jahren 1988-90 wurden geomorphologische Detailkartierungen für eine geomorphologische Karte 1 : 10.000 in einem kleinen Landschaftsausschnitt am Ostrand des Salzachtals bei Hallein durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Kartierungen zeigten eine unerwartete Formenvielfalt strukturbetonter Reliefformen. Daraus ergaben sich eine Reihe von Fragen nach der geomorphologischen Stellung dieser Formen, die auch für weitere Bereiche der Salzburger Kalkvoralpen typisch sind.

Die Bedeutung der geologischen Strukturen für den Reliefcharakter wurde grundsätzlich bereits von anderen Autoren (PIPPAN, 1957; SCHLAGER, 1958; SEEFELDNER, 1961) diskutiert. Die großmaßstäbige Analyse des Reliefs in Abstimmung mit der ebenfalls großmaßstäbigen geologischen Karte von Adnet und Umgebung 1 : 10.000 von M. SCHLAGER (1960), erfordert jedoch eine Neubewertung des Formeninventars und der Morphogenese.

Das Untersuchungsgebiet umfaßt einen Teil des Westrahmens der zum Salzachtal abfallenden Osterhorngruppe. Die breite Talsohle der Salzach grenzt hier im Bereich der Halleiner Weitung scharf an den Gebirgsrand. Dieser wird durch einen keilförmigen Ausläufer gebildet, der dem eigentlichen Anstieg zum Gebirge vorgelagert ist. Dazwischen schaltet sich parallel zum Salzachtal das Becken von Adnet ein (Abb. 1). Der Gebirgskeil, welcher sich aus dem Eberstein (776 m), dem Oberalmberg (762 m) und dem Adnetter Riedl (556 m) zusammensetzt, wird an seiner schmalsten Stelle vom Almfluß durchbrochen und bildet an seiner E-Seite bis zu 100 m hohe Stufen. Diese sind an die flach nach W zum Salzachtal hin einfallenden härteren Oberalmer Kalke (Malm) gebunden und erheben sich über weicheren mergeligen Schichten. SEEFELDNER (1961) beschreibt das Relief daher als eine Landschaft mit Schichtstufen und Landterrassen.

Die westliche und ein Großteil der östlichen Beckenbegrenzung des Adneter Beckens stimmen mit Bruchlinien überein, welche geomorphologisch ebenfalls als abrupte, oft wandartige Stufen in Erscheinung treten. Diese Bruchstufen sind jedoch nicht unmittelbar als Ergebnis der Tektonik selbst zu erklären. Die Vertikalverstellungen an den Bruchlinien führten hier zu einem Aufeinandertreffen unterschiedlich resistenter Gesteine in gleicher Höhenlage (SCHLAGER, 1958) und in der weiteren Folge zu einer rascheren Abtragung der weicherer Schichten. Die vorhandenen Verwerfungsflächen wurden so zum Ausgangspunkt einer Stufenbildung, wobei vor allem der selektiven glazialen Erosion eine große Bedeutung zugeschrieben wurde (SCHLAGER, 1958; SEEFELDNER, 1961).

2. *Lithologie und Tektonik*

Die geologischen Verhältnisse im Raum Adnet wurden bereits eingehend untersucht (DEL NEGRO, 1950; SCHLAGER, M., 1957-1960, 1967; PLÖCHINGER, 1983, 1990). Abb. 1. zeigt die Lage des Kartierungsgebietes in der Übergangszone zwischen dem Salzachtal und der Osterhorngruppe im Bereiche der Tirolischen Decke, welche hier durch eine ausgeprägte Bruchtektonik gekennzeichnet ist. Die gegenüberliegende Salzachtalseite wird hingegen durch die dem Tirolikum aufgeschobenen Juvavischen Decken gebildet (vgl. TOLLMANN, 1976). Bestimmend für das Relief sind die Gesteinsserien von Trias und Jura.

Stratigraphisch gesehen bildet der Hauptdolomit (Karn-Nor) den Sockel. Er besitzt eine Mächtigkeit bis zu 1000 m. Es handelt sich um ein feinklüftiges, graues bis graubraunes Gestein mit teils deutlich sichtbarer Bankung (DEL NEGRO, 1950). Aufgrund der großen Standfestigkeit des Gesteins können sich mäßig steile bis wandartig-steile Abhänge erhalten, wobei Verwitterungsprozesse einen kleinwürfeligen Zerfall des Gesteins verursachen.

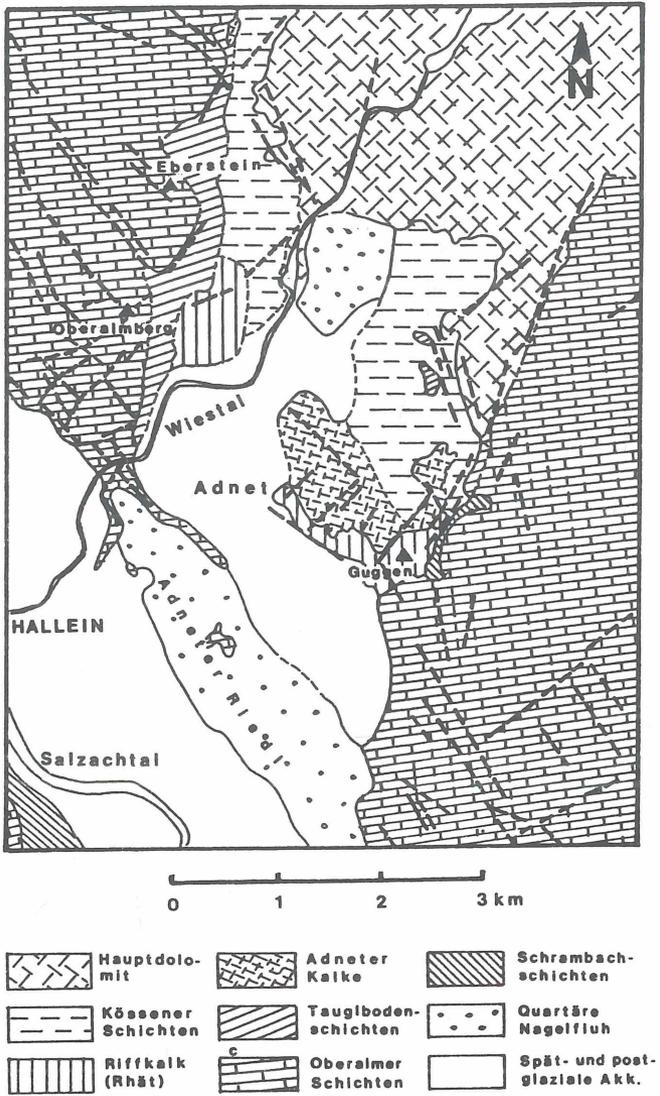
Die darüber folgenden Gesteinseinheiten werden unter der Bezeichnung "Kössener Schichten" zusammengefaßt. Es sind dies Plattenkalke, dünnplattige Mergel und mergelige Kalke aus dem Rhät mit einer Mächtigkeit bis zu 200 m (PLÖCHINGER, 1990). Sie zeichnen sich durch eine relativ geringe Resistenz gegenüber Verwitterungs- und Abtragsprozessen aus und sind wasserundurchlässig. Dies verursachte die Bildung flacher Hänge und die pleistozäne glaziale Erosion erniedrigte die Oberflächen der Kössener Mergel zusätzlich.

In diese Schichten sind jedoch auch sehr harte, im Oberrhät entstandene Korallenriffkalke eingeschaltet. Das Relief dieser Riffkalke ist fast immer durch wandartig schroffe oder konvexe Formen gekennzeichnet.

Die Gesteinsserie des Jura beginnt im Untersuchungsgebiet mit den nach der Typlokalität Adnet benannten Gesteinen. Es handelt sich hier um bunte, meist rote, insgesamt nur bis 30 m mächtige zum Teil knollige Kalke des Lias, die in zahlreichen Steinbrüchen als

"Adneter Marmor" abgebaut werden. Über einer dünnen eisenoxidreichen schwarzen Schicht liegen 10 m mächtige bunte Kalke, darüber 15 m mächtige dünnbankige knollig-flaserige rote Kalke und schließlich eine 4 m mächtige, von Kalzit zementierte Brekzie (PLÖCHINGER, 1990). Die Gesteine befinden sich insgesamt in flachen plateauartigen Positionen und unterliegen vor allem der Verkarstung.

Abb. 1: Geologische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet; vereinfacht nach der Geologischen Karte der Republik Österreich 1 : 50.000, Bl. 94 Hallein



Nach einer Schichtlücke im Dogger beginnt die mächtige Abfolge der Malm-Kalke mit Radiolariten an der Basis, welche nach oben zu in den 110 m mächtigen Verband der "Tauglbodenschichten" übergeht (SCHLAGER, 1957). Diese hier in Relation zum Hauptverbreitungsgebiet des inneren Taugltals bereits in ihrer Mächtigkeit reduzierten Schichten bestehen vorwiegend aus leicht abtragbaren Mergelschiefern und Kieselmergeln, Feinklastika (Turbiditen) und Radiolariten. Infolge ihrer geringen Widerständigkeit gegenüber den verschiedenen geomorphologischen Abtragsprozessen, wurden diese Gesteine bereits stark ausgeräumt und auf die Sockelbereiche resistenterer Gesteinskomplexe reduziert.

Die dünnbankigen, grauen Oberalmer Kalke mit ihren oft über 10 m mächtigen Zwischenlagen (Barmsteinkalke) bauen den Großteil der Osterhorngruppe auf. Hier erreichen sie in den zentralen Bereichen eine Mächtigkeit von bis zu 800 m (PLÖCHINGER, 1990). In der Nähe des Salzachtales reduziert sich ihre Dicke jedoch auf 150 m (SCHLAGER, 1958). Es handelt sich um Aptychenkalke mit Hornsteinknollen und Einlagerungen von Mergelschiefern. Die Gesteine können sowohl Verkarstungsprozessen als auch fluvial-denudativen Abtragsprozessen unterliegen. Die massigen, hellbräunlich-brekiösen Barmsteinkalke, welche aus Trübeströmen hervorgegangen sind (PLÖCHINGER, 1990), heben sich im Relief meist durch mauerartige Wandstufen hervor.

Auch bei den Schrambachmergeln der Unterkreide handelt es sich um dünnsschichtige bis schiefrige graue Mergel und plattige Kalkmergel mit etwas höherem Tongehalt, welche besonders leicht verwittern und dabei einen gelblichen Lehm bilden (DEL NEGRO, 1950). An steileren Hanglagen zeigen sie eine deutliche Anfälligkeit gegenüber der Rinnenerosion.

Die beschriebene Gesteinsabfolge des Untersuchungsgebietes gehört dem Verband der Tirolischen Decke an. Die aufgeschobenen Juvavischen Decken bilden am Westrand des Salzachtales steil aufragende Deckenstirnen. Der Ostrand des Salzachtales ist dagegen durch ein staffelförmiges Absinken der mesozoischen Schichtfolge gekennzeichnet. In Annäherung an die Quereinwalmung des Salzachtales führte die Bruchtektonik zu einer intensiven Schollenzerstückelung. Daher wurde der Raum um Adnet von SCHLAGER (1957, 1958) auch als Rhät-Lias-Schollenland bezeichnet. Die zahlreichen Teilschollen werden vor allem durch NW-, NNE- und NE-streichende Brüche getrennt. Gegen S zu wird das Rhät-Lias-Schollenland von einem großen NNE-streichenden Bruch abgeschlossen. Die beobachteten Sprunghöhen der Brüche sind sehr unterschiedlich und betragen bis zu 400 m, im SE sogar bis zu 750 m (SCHLAGER, 1957).

Gleichzeitig sinken die meist nach W gekippten Schollen treppenartig in Richtung zum Salzachtal ab (Abb. 4). Dies konnte auch anhand einer Bohrung am E-Rand des Salzachtales bei St. Margarethen bestätigt werden. Die Obergrenze des rhätischen Riffkalkes liegt hier bereits in einer Tiefe von 160 m unter dem Meeresspiegel (KRAMER & KRÖLL, 1979), also 900 m tiefer als der Riffkalkgipfel des nur 2,5 km entfernten Guggenberges. Das Untersuchungsgebiet wird von zwei NNE-streichenden Störungen im Abstand von ca. 3 km quert. In der Zwischenzone sind die ansonsten weitflächig vertretenen Oberalmer Kalke

abgetragen und die unterlagernde Trias tritt hervor (Adneter Antiklinale). Diese Aufwölbung setzt sich nach NE zu in das Hauptdolomit-Quergewölbe von Ebenau fort (TOLLMANN, 1976).

Am Westrand dieser Antiklinale werden die flach zum Salzbachtal hin einfallenden Oberalmer Kalke von einer Bruchtektonik betroffen, die immer engmaschiger wird. Trotzdem bleibt der Gesamteindruck einer einheitlichen Stufenlandschaft erhalten, da die einzelnen Schollenteile eine ähnliche geomorphologische Wertigkeit besitzen.

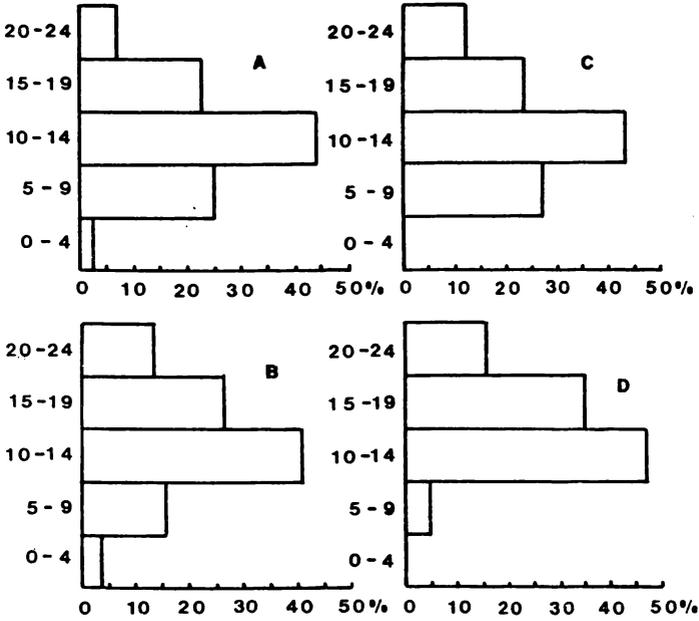
Das Alter dieser Verwerfungen ist in Einklang mit dem orogenetischen Geschehen in den Ostalpen zu sehen (TOLLMANN, 1970). Danach spielten sich die wichtigsten bruchtektonischen Ereignisse während der spätrogenen Einengungsphase der Ostalpen ab (vgl. SCHMIDT-THOMÉ, 1955; TOLLMANN, 1969, 1986).

3. Ergebnisse der geomorphologischen Untersuchungen an den Stufen

Besonders markante Landschaftsformen stellen die bereits erwähnten Stufenbildungen mit ihren begrenzenden Ebenheiten dar. Hier stellt sich die Frage nach dem Zusammenhängen zwischen Lithologie, Tektonik und Morphogenese. Aus dem weiteren Verbreitungsgebiet der Stufen wurden jene besonders typisch ausgeprägten, von SEEFELDNER (1961) als "Schichtstufen" bezeichneten Formen vom Oberalmberg und Eberstein für eine detailliertere Analyse ausgewählt.

Die beiden Stufen schauen nach NE bis E und besitzen oberhalb von 700 m eine allgemein sanfte Dachfläche, welche sich bis über 770 m Höhe erhebt. Zur näheren Analyse der durchschnittlichen Böschungen auf den Stufenflächen wurden diese mit einem 80 x 80 m Raster überzogen und in jedem der Gitterquadrate eine Böschungswinkelmessung aufgrund der Isohypsenabstände der 20 m-Kurven der ÖK 25 V durchgeführt. Ausgenommen wurden Quadrate in denen Stufen oder größere Hohlformen auftreten. Die Ergebnisse der Böschungswinkelanalyse zeigt Abb. 2. Die durchschnittlichen Böschungswinkel der Stufenflächen betragen 12,5 ° bzw. 13,5 ° (347 Messungen).

Abb. 2: Verteilung der Böschungswinkel an den Stufenflächen von Oberalmberg und Eberstein



- | | | |
|----|--|---------------------------------|
| A: | Oberalmberg, Gesamtstufenfläche: | $n = 200, \bar{x} = 12,5^\circ$ |
| B: | Eberstein, Gesamtstufenfläche: | $n = 147, \bar{x} = 13,5^\circ$ |
| C: | Oberalmberg, Stufenflächen unter 700 m Höhe: | $n = 188, \bar{x} = 12,7^\circ$ |
| D: | Eberstein, Stufenflächen unter 700 m Höhe: | $n = 99, \bar{x} = 14,9^\circ$ |

Um zu klären, inwieweit sich diese Abdachungen der Stufenflächen an die Neigung der Schichtflächen anpassen, erfolgte eine statistische Analyse der Lagerungsverhältnisse im Bereich der beiden Stufen. Die Angaben über die Lagerung wurden der Geologischen Karte von Adnet und Umgebung (SCHLAGER, 1960) entnommen. Aus den insgesamt 277 vorhandenen Messungsdaten ergab sich an beiden Bergen ein arithmetisches Mittel des Schichtfallens von 21° . Die Einfallswinkel zwischen 20° und 29° sind am stärksten (mit über 40 %) vertreten. 20 % der Messungen entfallen sogar noch auf Einfallswinkel über 30° . Während die Stufenfläche am Eberstein zu 86,4 % unter 20° geneigt ist, entfallen hier nur 37 % der Messungen der Einfallswinkel der Gesteine auf dieselbe Neigungskategorie. Am Oberalmburg sind sogar 93 % aller Dachflächen unter 20° geneigt, aber nur 35,1 % der Schichten besitzen einen derart flachen Einfallswinkel. Während also am Eberstein nur knapp 14 % und am Oberalmburg nur 7 % der gemessenen Stufenflächen steiler als 20° geneigt sind, betragen die entsprechenden Prozentsätze für die Einfallswinkel der Schichten 63 % bzw. 65 %.

Die Streichrichtungen sind etwas uneinheitlich, ungefähr 90 % der Messungen entfallen aber auf Einfallrichtungen zwischen SW und NW. Am Eberstein fallen die Schichten schwerpunktmäßig nach W, am Oberalmburg nach SW. Daraus ergibt sich, daß die Stufenflächen zwar insgesamt mit der Richtung der einfallenden Oberalmer Kalke übereinstimmen, der Schichtbau jedoch von der Geländeoberfläche deutlich geschnitten wird.

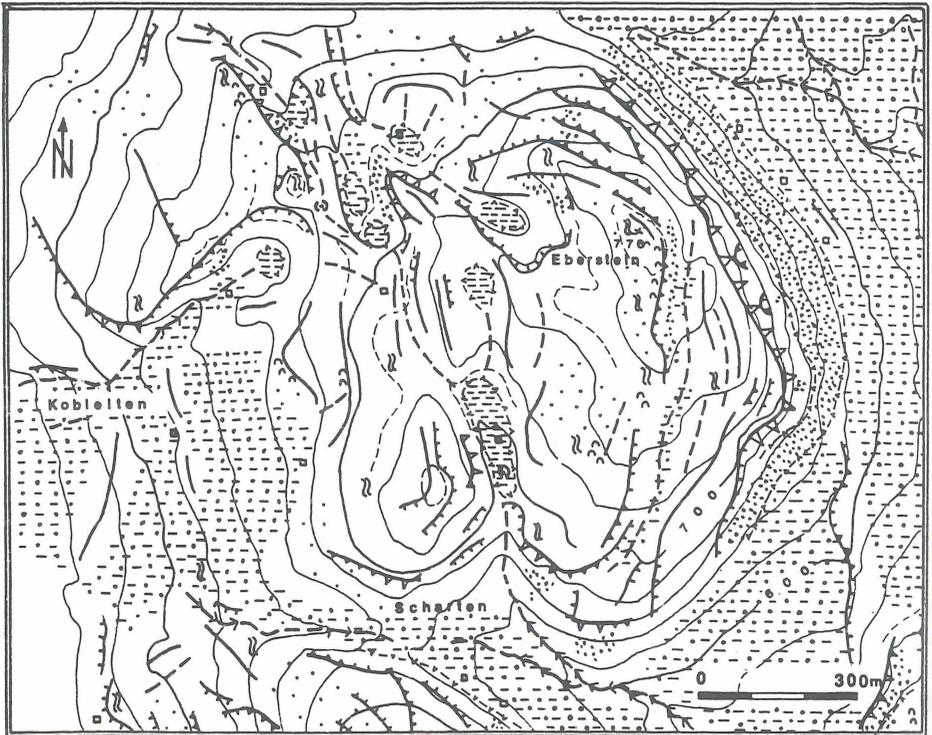
Die Steilseite gliedert sich in einen schroffen, meist von Wandstufen durchsetzten ca. 60 m hohen Abfall und einen darunter anschließenden $32-39^\circ$ steilen Haldenhang, welcher ebenfalls 40-60 m Höhe besitzt. Der Stufensockel ist durch einen neuerlichen Gefällsknick gekennzeichnet; die nach unten ansetzenden Hänge sind nur mehr zwischen 15° und 20° geneigt, der Knick stellt zugleich einen auffallenden Quellhorizont dar. Er ist auf den Schichtwechsel zwischen den Oberalmerkalken und den wasserstauenden Tauglbodenschichten zurückzuführen.

Auch die großmaßstäbige geomorphologische Kartierung des Mikroreliefs (Abb. 3) zeigt neben Karst- und Glazialformen zahlreiche Kanten, Rücken, Furchen und Stufen, welche in hohem Grade an die geologischen Strukturen angepaßt sind. Eine Auswertung der Grundrisse der Stufen in Längeneinheiten von 100 m (Tab. 1) nach mehreren Kategorien zeigt eine vorherrschende Exposition der Stufen zwischen NE und SE. Die Auswertung von insgesamt 10,5 km Stufenlängen im Vergleich zu den auf der geologischen Karte 1 : 10.000 (SCHLAGER, 1960) verzeichneten strukturellen Elementen erbrachte, daß insgesamt 61 % aller Kantenlängen mit Rändern von Barmsteinkalkplatten oder Störungen übereinstimmen. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, daß die topographischen Grundlagen der geologischen Karte relativ stark von denen der geomorphologischen Kartierung abweichen (die geologische Karte von Adnet und Umgebung 1 : 10.000 besitzt keine Schichtlinien, ihr liegt noch die Österreichische Karte 1 : 25.000 der 5. Landesaufnahme zugrunde).

Von den Gesamtstufenlängen entfallen insgesamt fast ein Viertel auf Wandstufen über 5 m Höhe. Diese Stufen sind auf der ÖK 25 V nicht oder nur zum geringsten Teil erkennbar,

da sie im Waldgebiet liegen und daher photogrammetrisch nicht erfaßt werden konnten.

Abb. 3: Karte des Mikroreliefs vom Bereich des Eberstein



	1		6		11
	2		7		12
	3		8		13
	4		9		14
	5		10		15

1...Rücklinien, 2...Kanten der Wandstufen über 10 m Höhe, 3...Kanten der Wandstufen von 5-10 m Höhe, 4...Kanten der Wandstufen unter 5 m Höhe, 5...Kanten von Steilböschungen, 6...muldenartige Tiefenlinien, 7...V-förmige Tiefenlinien, 8...konkave Knicke, 9... Blockstreu, 10...Schutthalden, 11...Grundmoränenbedeckung, 12...Karstwannen, 13...Karrenfeld, Doline, 14...Karrensteine, 15...Karstquelle

Tab. 1: Prozentuelle Verteilung der Expositionen von Wandstufen nach verschiedenen Stufenhöhen und Steilböschungen nach Himmelsrichtungen am Oberalmberg und Eberstein

Oberalmberg

St.H.	N	NE	E	SE	S	SW	W	SUM
> 20 m	0	4,8	1,9	0	0	0	0	6,7
> 5 m	0	3,8	1,9	0	2,9	0,9	0	9,5
< 5 m	0,9	8,6	4,8	7,6	0,9	0	0	22,8
B	0	1,9	4,8	6,7	0,9	5,7	1,9	21,9
SUM	0,9	19,1	13,4	14,3	4,7	6,6	1,9	60,9

Eberstein

St.H.	N	NE	E	SE	S	SW	W	SUM
> 20 m	0	3,8	2,9	0	0	0	0	6,7
> 5 m	0	0,9	0	0	0,9	0	0	1,8
< 5 m	0	0,9	0,9	0	0	2,9	0,9	5,6
B	0	3,8	6,7	4,8	3,8	5,7	0,9	25,7
SUM	0	9,4	10,5	4,8	4,7	8,6	1,8	39,8

Gesamt

SUM	0,9	28,5	23,9	19,1	9,4	15,2	3,7	100,7
-----	-----	------	------	------	-----	------	-----	-------

Grundlage: Auswertung der Kantenlängen nach 100 m-Einheiten, insgesamt 10500 m Kantenlänge. St.H. - Stufenhöhen der Wandstufen, B - Steilböschungen unter Kanten.

In den Barmsteinkalken überwiegen die Wandstufen (fast 40 %) deutlich gegenüber den abgeschrägten Stufen (ca. 22 %). Umgekehrt sind die Wandstufen in den normalen dünn-schichtigen Oberalmer Kalken nur mit etwas über 14 % gegenüber den abgeschrägten Stufen mit fast 26 % vertreten.

Die zum Salzachtal hin gerichtete Dachfläche unterlag im Hochglazial einer Überformung durch den Salzachgletscher, dessen selektive Abtragung einerseits den tektonischen Schwäche-zonen folgte und andererseits verstärkt die dünnbankigen Oberalmer Kalke erfaßte. Dadurch wurden die Gesteinsausbisse der widerständigeren Barmsteinkalke als Stufenränder, Rücken, Felsrippen und Kuppen herauspräpariert und meist einseitig an den

Schichtflächenseiten gerundet. Auch die Versteilung im mittleren Hangbereich zwischen 600 und 700 m Höhe ist durch glazialerosive Vorgänge zu deuten.

An den flacheren Hangfußpartien unter 600 m Höhe und an konkaven Hängen zwischen meist diagonal verlaufenden Rippen sind meist Jungmoränenverkleidungen zu beobachten. Auch die zwischen parallelen Rippen tiefer eingesenkten Mulden besitzen trotz größerer Höhenlage fast immer Moränenfüllungen. Die selektive Glazialerosion führte im gesamten Bereich der Dachflächen, welche zum Salzachtal hin abtauchen, zu einem Transparentwerden der geologischen Strukturen. Alle widerständigen, dickbankigen und weniger zerrütteten Gesteinseinheiten erreichten auf diese Weise konvexe, steile oder erhabene Reliefpositionen.

Die glazialerosiv freigelegten Schichtflächen der Barmsteinkalke waren nach der Eiszeit Korrosionsprozessen unterworfen. Diese Schichtflächen sind daher vor allem in der Nähe von Kanten und an Konvexitäten von Kluftkarren überzogen. Unter Humusbedeckung fand vielfach eine sehr starke Rundung der Kluftkarren statt. Kluftkarrenentwicklung in Verbindung mit Frostverwitterung führte auch vielfach zur Lostrennung von Karrenstein und auf diese Weise zur Schuttbildung in situ.

Trichterdolinen kommen nur vereinzelt an der W-Abdachung des Oberalmberges und innerhalb größerer Hohlformen vor. Dolinen mit Durchmesser über 50 m sind vor allem an der W-Abdachung des Eberstein charakteristisch. Der Ansatzpunkt ihrer Entwicklung ist in engem Zusammenhang mit Kreuzungen tektonischer Linien bzw. dichter Scharung von Störungen zu sehen. Darüber hinaus dürfte auch die Glazialerosion zur Erweiterung und einseitigen Öffnung dieser Hohlformen geführt haben, da die Wannenböden an einer Seite jeweils nur von einer niedrigen Schwelle begrenzt werden. Diese Böden können flach bis leicht geneigt, glatt, aber auch wellig sein und sind oft partiell von Feuchtzonen eingenommen; diese verdanken ihr Zustandekommen wasserstauenden Moränenresten. Die größte derartige Karstwanne NE Scharten ist mit Karstquellen und einem aktiven sowie einem inaktiven Ponor ausgestattet. Die Hänge, welche die Karsthohlformen umschließen, grenzen meist scharf an die Böden der Wannen.

Das Einfallen der Dachfläche nach W begünstigt das Vorkommen einer Reihe von kleineren Karstquellen in den tieferen Lagen, vor allem unterhalb des mittleren Steilabschnittes sowie an der Basis von Barmsteinkalkwänden.

Die höchsten Erhebungen der Dachflächen werden von stark verkarsteten Barmsteinkalkplatten zusammengesetzt, welche asymmetrische Kuppen bilden, deren E-exponierte Seite aus Wandstufen von einigen Metern Höhe besteht. Blockmaterialanreicherung an der Basis zeigt den postglazialen Rückwanderungsbetrag an. Die eigentliche Hauptstufe setzt erst in einigem Abstand mit einer scharfen Kante an; nur an den südlichen Stufenausläufern wird diese Kante durch einen Rücken ersetzt. Die Wandstufe selbst ist meist durch Gesimse gegliedert. Diese haben sich in Abhängigkeit von der lokalen Lage der Barmsteinbänder gebildet.

An die Wandfüße schließen sich mit konkaven Knick leicht konkave Haldenhänge, welche von einem mehr oder weniger mächtigen Schuttmantel bedeckt sind, an. An Aufschlüssen ist erkennbar, daß diese Haldenhänge noch in den Oberalmer Kalken ausgebildet sind. Die Schutthalden sind geschlossen von Wald bedeckt, jedoch mangels Bodendecke und Unterwuchs äußerst mobil. Nur die basalen Teile der Halde mit zahlreichen Blöcken in Dimensionen von mehreren Metern Durchmesser können als stabil betrachtet werden. An mehreren Stellen der Halde kann auf frische Steinschlag- und Felssturztaätigkeit geschlossen werden, an einigen Stellen findet auch rezente Murentaätigkeit statt.

4. *Diskussion*

Die geomorphologische Detailkartierung zeigte eine starke Strukturbetontheit sowohl des Meso- als auch des Mikroreliefs. Bereits SCHLAGER (1959) bezeichnet die beiden Berge als Schichtstufen bzw. als Pultschollen (SCHLAGER, 1959). SEEFELDNER (1961) beschreibt die beiden Berge ebenfalls als Schichtstufen mit Trauf in den Oberalmer Kalken und Landterrasse in den Tauglbodenschichten. Tatsächlich kommen nach BLUME (1971) Stufen überall dort vor, wo der Gesteinsaufbau durch geneigte oder horizontal liegende Schichten wechselnder Widerständigkeit bestimmt wird. Die Dachfläche könnte danach als Stufenfläche bezeichnet werden. Weiters ist der Stufenhang deutlich durch den Stufenbildner der Oberalmer Kalke geprägt. Eine klare Zuordnung dieser Landformen zur Schichtstufenlandschaft ist jedoch nicht möglich, da diese in ihrer klassischen Ausprägung nur im Randbereich von Festlandkernen durch epirogenetische Vertikalbewegungen bei nur wenig gestörter Lagerung zustandekommen (BLUME, 1971).

Bei den hier untersuchten randalpinen Stufenformen sind eine Reihe von Abweichungen gegenüber der Normalausbildung feststellen. Zunächst läßt sich die von SEEFELDNER (1961) beschriebene Landterrasse in den Tauglbodenschichten nur isoliert lokalisieren; ein ungestörtes Übergreifen einer Landterrasse vom liegenden in das hangende Gestein kann wegen der starken Vertikalverstellungen der Gesteine nicht beobachtet werden.

Schichtstufen werden allgemein mit einem Grenzwinkel der einfallenden Schichten von 10-12 ° (SPÖNEMANN, 1966; TWIDALE, 1978) gekennzeichnet. Nur 29-30 % aller Messungen der Einfallswinkel zeigen eine derart flache Lagerung. Zieht man den Mittelwert des Einfallswinkels der Schichten von 21 ° heran, so müßten die Stufen bereits als Schichtkämme (BLUME, 1971) bzw. als "homoclinal ridges" nach TWIDALE (1978) bezeichnet werden. Diesem Grundtypus entspricht auch die relativ geradlinige Grundrißform und das Fehlen von Zeugenbergen.

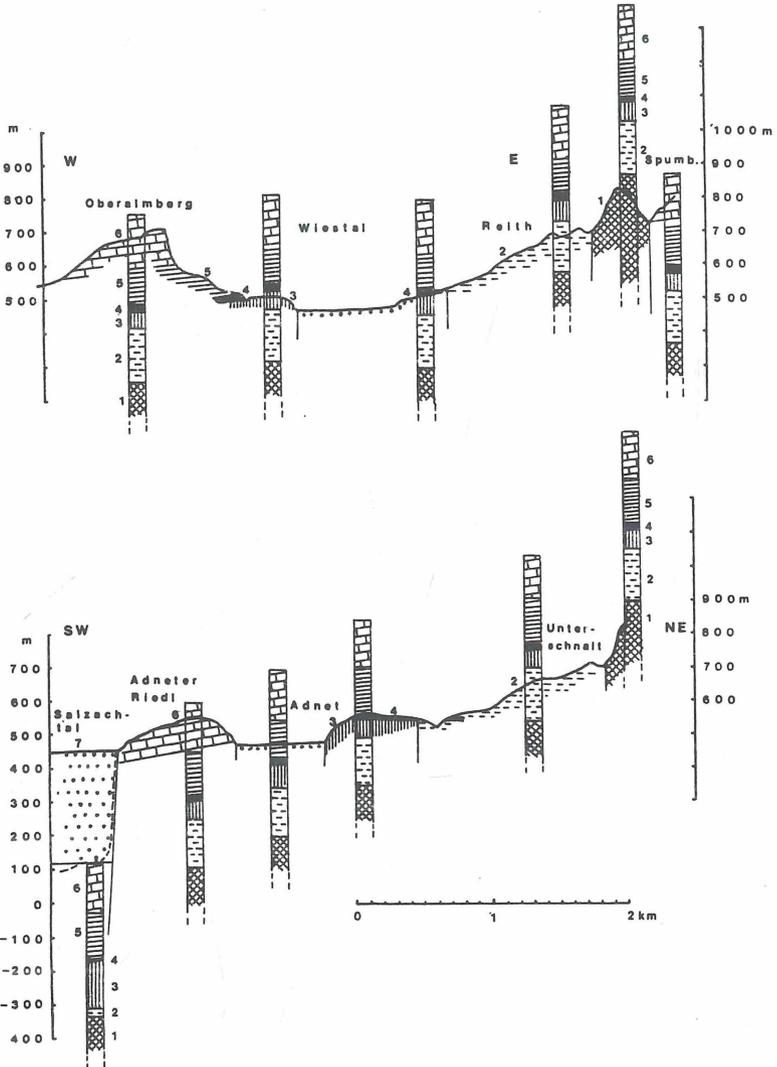
Schichtkämme zeichnen sich im allgemeinen durch eine große Übereinstimmung zwischen der Stufenhangneigung und dem Schichtfallen aus (BLUME, 1971). Im Gegensatz dazu erweisen sich die Stufenflächen an den beiden Untersuchungsbeispielen weitgehend als Schnittflächen, die wesentlich flacher geneigt sind als die aufbauenden Schichten.

Schichtflächen treten nur lokal und sehr kleinräumig zutage. Die Kappung der Stufenflächen im Firstbereich erklärt auch die nur geringe Stufenhöhe von wenigen Metern an der hangenden Barmsteinbank B₁, welche nach SCHLAGER (1958) eine Mächtigkeit von 15-20 m besitzt.

Weitere Modifikationen im Vergleich zum Grundtypus der Schichtstufenlandschaft ergeben sich durch die glaziale Überformung des gesamten Reliefs. Diese wird vor allem durch die Modellierung der Stufenflächen wirksam. Die selektive Glazialerosion führte dazu, daß die stark unterschiedliche geomorphologische Wertigkeit des Gesteinskörpers vor allem im Mikrorelief zum Ausdruck kommt. So wird das Mikrorelief durch Schichtaufbau, Lagerung, Kluftsystem und Brüche bestimmt. Die Stufenhänge sind dadurch gekennzeichnet, daß die Schichten weitgehend senkrecht geschnitten werden, was zur Herausbildung eines einheitlichen Stufenrandes führt. Im Bereiche der Stufenfläche, wo die Landoberfläche die Schichten generell spitzwinkelig schneidet, können sich Unterschiede in der Resistenz der Schichtlagen wesentlich stärker auswirken. Alle tektonisch verursachten Lagerungs-differenzierungen und Schwächezonen wirken sich nun erheblich aus, nicht selten kommt es zur Ausbildung von Diagonalstufen, nach BLUME (1971) Stufenrichtungen ohne Beziehung zum generellen Schichtfallen.

Die starke Bruchtektonik, von der das Schichtpaket der stufenbildenden Gesteine betroffen wird, stellt eine klare Zuweisung zum Typ der Homoklinalstufen ebenfalls in Frage. Die "Adneter Antiklinale" (TOLLMANN, 1976) stellt zwar großräumig ein Quergewölbe dar, ein Faltenbau vergleichbar mit dem des Schweizer Jura ist aber aufgrund der dominanten Bruchtektonik nicht gegeben (vgl. Abb. 4). Diese Bruchtektonik führte zu der bereits einleitend festgestellten Schollenbildung; nach TRICART (1974) ist dieser Strukturformentypus durch eine vertikale, aber auch tangential wirkende Tektonik gekennzeichnet. Die Bruchschollen (fault-blocks) haben nach TRICART (1974) meist Dimensionen im Kilometerbereich, wobei aber auch zusammengesetzte Schollen bis zu 10 km Durchmesser besitzen können. Dabei kommt es meist zu einer internen Untergliederung durch Brüche. Die kleineren Schollen sind meist dreieckig und häufig gekippt (TRICART, 1974). Dies stimmt auch mit der von SCHLAGER (1957) gelieferten Darstellung dieses Bereiches überein. Er spricht hier von einem Gebiet starker Schollenzerstückelung, die in scharfem Gegensatz zur Überschiebungstektonik am westlichen Salzachtalrand steht. SCHLAGER (1957) beschreibt 7 Teilschollen östlich von Adnet, SEEFELDNER (1961) ordnet diesem Komplex noch den Adneter Riedl und auch die beiden Pultschollen von Eberstein und Oberalmberg zu, die als große Schollen eine interne Zerstückelung aufweisen.

Abb. 4: Schematische Querschnitte durch das Bruchschollengebiet um Adnet mit 2,5-facher Überhöhung. Die Säulen geben die hypothetische Höhenlage der einzelnen Schichten aufgrund der Angaben ihrer durchschnittlichen Mächtigkeit und Lage der Schichtglieder an. Insgesamt kann das staffelförmige Absinken der Gesteinspakete zum Salzachtal hin beobachtet werden. Das Relief paßt sich diesem Staffelbau nur teilweise an. Dies kann durch eine Kappung im Niveau von 650-750 m und durch nachfolgende differenzierte Abtragung, die teilweise sogar zur Reliefumkehr führte, erklärt werden.



- 1...Hauptdolomit, 2...Kössener Schichten, 3...Riffkalk, 4...Adneter Kalke, 5...Tauglbodenschichten, 6...Oberalmner Kalke, 7...Quartärfüllung.

So wurde die Pultscholle des Ebersteins an ihrem W-Flügel um 115 m gehoben (SCHLAGER, 1958) und die W-Hänge sind von zahlreichen Brüchen durchsetzt, an denen die Unterlage (Radiolarit, Kieselplattenkalke, Mergelschiefer) emporgepreßt wurde (SCHLAGER, 1959). SCHLAGER (1959) beobachtete ferner stärkere Gesteinsdeformationen und gekrümmte Bruchlinien, welche Pressungen und tangentielle Komponenten der Tektonik anzeigen. Trotz dieser Zerstückelung im Detail tritt bei den beiden Pultschollen der Stufenbau des Mesoreliefs in den Vordergrund. Betrachtet man die ausgedehnten Haldenhänge der Stufe, so lassen diese Rückschlüsse auf eine bereits weit fortgeschrittene Stufenrückverlegung zu. Die Ausgangsformen der beiden Berge stellen zwar Pultschollen dar, das geomorphologische Erscheinungsbild ist aber durch bedeutende Umformungen sowohl ihrer Dach- als auch ihrer Stufenhänge geprägt.

Die kleinräumige Schollenzerstückelung um Adnet, welche weiter südlich am Salzachtalrand in Staffelbrüche übergeht, wurde zum Ausgangspunkt der "selektiven Abtragung" (SCHLAGER, 1958). Die geomorphologische Wirksamkeit dieser Verstellungen beruht darauf, daß verschieden widerständige Gesteinseinheiten in ein und dasselbe Niveau gebracht wurden und hier unterschiedlicher Abtragung unterworfen waren. Das Adnetter Becken wird daher nicht als Einbruchsbecken erklärt, obwohl dieses von Brüchen begrenzt wird, sondern primär durch selektive Glazialerosion (SCHLAGER, 1958). Diese führte zur Ausräumung der auf das Niveau der harten Riffkalke verstellten weicheren Tauglbodenschichten.

Eine derartige sekundäre geomorphologische Wirksamkeit tektonischer Vorgänge, welche schon lange vor der Bildung der rezenten Formen abgeschlossen waren, kann aber nur dann zustande kommen, wenn vor der Stufenentwicklung eine Kappung in einem bestimmten Niveau stattgefunden hat. TRICART (1974) spricht in diesem Fall von differenzierter Abtragung. Auch SEEFELDNER (1961) betont, daß die Flächensysteme über das feiner differenzierte Relief hinwegziehen und daher übergeordnet seien.

Die differenzierte Abtragung kann nun bewirken, daß tektonische Verstellungen, welche durch Einebnung geomorphologisch unterdrückt wurden, wieder transparent werden. Auf diese Weise wurde auch der Horst des Hohenschneidbergs, welcher aus relativ widerständigem Hauptdolomit besteht, wenn auch in abgeschwächter Form herauspräpariert (vgl. Abb. 4). Dagegen erhebt sich die am Rand zum Salzachtal liegende schon sehr tief abgesunkene Staffel (Adnetter Riedl) infolge ihrer härteren Jura-Kalke im Hangenden deutlich über das Adnetter Becken, dessen Unterbau wahrscheinlich tektonisch um 50-100 m höher liegt, sodaß hier eine Reliefumkehr vorliegt (Abb. 4). Die Bruchlinienstufe, welche das Adnetter Becken im W begrenzt, wäre daher nach TRICART (1974) als gegenläufige Bruchlinienstufe zu bezeichnen. Oberalmberg und Eberstein stellen in sich zerbrochene Pultschollen dar, welche tektonisch ebenfalls tieferliegen müssen als die zum Wiestal hin anschließenden Schollen. Deren härtere Deckschichten müssen infolge ihrer zu hohen Lage jedoch durch Einebnungsprozesse beseitigt worden sein, die weicheren basalen Kössener Schichten bzw. Tauglbodenschichten sind durch differenzierte Abtragung stärker ausgeräumt

worden. Dies setzt allerdings Kappungen der Landoberfläche in den heutigen Höhenlagen zwischen 550 m und 750 m voraus.

Die Bedeutung der Neotektonik wurde unterschiedlich bewertet. Während PIPPAN (1975) den Durchbruch des Almflusses durch den Adneter Riedl als antezedent annimmt und mit einer jungen Hebung der Schwelle erklärt, kann SCHLAGER (1958) keine Anzeichen für eine derartige junge Heraushebung des Adneter Riedls erkennen, da ein Teil der Brüche unter ungestört liegender Nagelfluh anzutreffen ist. HASEKE-KNAPCZYK (1989) erklärt ebenfalls eine größere Anzahl von Karstgassen am Untersberg durch Neotektonik. Tatsächlich konnten neotektonische Verstellungen in einzelnen alpinen Bereichen nachgewiesen werden (vgl. SCHMIDT-THOMÉ, 1955; TOLLMANN, 1986). Da in den weit verbreiteten quartären Ablagerungen im Salzachtalbereich jedoch keine Brüche beobachtet werden konnten, schlossen sich DEL NEGRO (1957) und SEEFELDNER (1961) der Auffassung SCHLAGERS an, wonach diesem Faktor für die Stufenbildung am Salzachtalrand keine größere Bedeutung zukommt.

5. *Zusammenfassung*

Geomorphologische Detailkartierungen am Salzachtalrand bei Hallein erbrachten eine starke Strukturabhängigkeit des Mikro- und Mesoreliefs. Einebnungsprozesse im Bereich der höhergehobenen Schollen der "Adneter Antiklinale" führten zu einer Niveaugleichheit verschieden resistenter Gesteinseinheiten und zur darauffolgenden differenzierten Abtragung. Dabei entwickelte sich ein Relief aus kleinräumigen Bruchschollen. Bruchlinien und härtere Schichten erscheinen als Stufen oder Rippen. Diese wurden durch Karstprozesse umgestaltet. Die Glazialerosion im Quartär bewirkte eine Abrundung der härteren Aufragungen und die Ausräumung weicherer Gesteinskomplexe. Die markanten Stufen der größeren Schollen stellen einen besonderen Stufentypus dar. Die geomorphologische Detailkartierung machte die Existenz einer komplizierten strukturbetonten Kleinformung der Stufenflächen sichtbar, welche durch glaziale Überformung und Karstprozesse differenziert werden. Deutlich zeigt sich eine Kappung des durchschnittlich 21° geneigten Schichtkomplexes. Die Stufen selbst sind als Wandstufen mit steilen Haldenhängen ausgebildet. Die Oberalmer Kalke mit den eingelagerten Barmsteinschichten fungieren als Stufenbildner. Die Stufen unterlagen offensichtlich einer langen Phase der Rückverlegung durch Hangprozesse. Dagegen sind die an Bruchlinien grenzenden Stufen der kleineren Schollen durch differenzierte Abtragung nach Kappung der Landoberfläche im Sinne von SCHLAGER (1958) und TRICART (1974) zu erklären.

Literatur

- BLUME, H., 1971: Probleme der Schichtstufenlandschaft. Erträge der Forschung. 5, Wiss. Buchges., Darmstadt.
- DEL NEGRO, W., 1950: Geologie von Salzburg. Innsbruck, 348 Seiten.
- HASEKE-KNAPCZYK, H., 1989: Der Untersberg bei Salzburg. Die ober- und unterirdische Karstenentwicklung und ihre Zusammenhänge. Ein Beitrag zur Trinkwasserforschung. Veröff. d. Österr. MaB-Programms. Bd. 15, 1 Gemorph. Karte, Innsbruck, 223 Seiten.
- KRAMER, H. & KRÖLL A., 1979: Die Untersuchungsbohrung Vigaun U1 bei Hallein in den Salzburger Kalkalpen. Mitt. Österr. Geol. Ges. 70, 1-10.
- PIPPAN, Th., 1957: Bericht 1956 über geologische Aufnahmen auf den Blättern Hallein (94/1) und Untersberg (93/2), 1 : 25.000. Verh. Geol. B.-A. 1957, 52-56.
- PLÖCHINGER, B., 1983: Salzburger Kalkalpen. Samml. geol. Führer 73. Berlin-Stuttgart, 144 Seiten.
- PLÖCHINGER, B., 1990: Erläuterungen zu Blatt 94 Hallein (Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000). Geol. B.-A. Wien, 76 Seiten.
- SCHLAGER, M., 1957: Bericht über geologische Arbeiten 1956. Verh. Geol. B.-A. 1957, 64-74.
- SCHLAGER, M., 1958: Bericht 1957 über geologische Aufnahmen auf Blatt Hallein (94). Verh. Geol. B.-A., 252-259.
- SCHLAGER, M., 1958: Kleine Studie über das Adnetter Becken. Mitt. Naturwiss. Arbeitsgem. am "Haus der Natur", Tratz-Festschrift. Salzburg, 12-17.
- SCHLAGER M., 1959: Bericht über geologische Aufnahmen auf den Blättern Hallein (94) und Salzburg (63). Verh. Geol. B.-A., A70-A80.
- SCHLAGER, M., 1960: Geologische Karte von Adnet und Umgebung 1 : 10.000. Geol. B.-A. Wien.

- SCHLAGER, M., 1967: Bericht 1966 über geologische Arbeiten auf Blatt Hallein (94). Verh. Geol. B.-A. A39-A42.
- SCHMIDT-THOMÉ, P., 1955: Zur Frage quartärer Krustenbewegungen im Alpen- und Voralpengebiet des Isartalbereichs. Geol. Rdsch. 43, 144-158.
- SEEFELDNER, E., 1961: Salzburg und seine Landschaften. Eine geographische Landeskunde. Salzburg/Stuttgart, 573 Seiten.
- SPÖNEMANN, J., 1966: Geomorphologische Untersuchungen an Schichtkämmen des Niedersächsischen Berglandes. Göttinger Geogr. Abh. 36, 167 Seiten.
- TOLLMANN, A., 1970: Die bruchtektonische Zyklenordnung im Orogen am Beispiel der Ostalpen. Geotekt. Forsch. 34, Stuttgart, 1-90.
- TOLLMANN, A., 1976: Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. Textband, Tafelband. Wien, 449 Seiten.
- TOLLMANN, A., 1986: Geologie von Österreich Bd. III. Gesamtübersicht. Wien, 718 Seiten.
- TRICART, J., 1974: Structural Gemorphology. London, New York, 305 Seiten.
- TWIDALE, C.R., 1978: Analysis of Landforms. Brisbane, New York, Chichester, Toronto, 572 Seiten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [30_1991](#)

Autor(en)/Author(s): Stocker Hans-Erich

Artikel/Article: [Ergebnisse geomorphologischer Detailkartierung an einem Beispiel der Salzburger Kalkvoralpen 253-270](#)