

DIE ENTWICKLUNG DES GOSAUBECKENS WÄHREND DER KREIDEZEIT

THE EVOLUTION OF THE GOSAU BASIN DURING THE CRETACEOUS

Michael Wagreich ⁽¹⁾

ZUSAMMENFASSUNG

Die Gosau-Gruppe des Gebietes um Gosau und Rußbach zeigt eine Abfolge folgender Formationen: (1) Kreuzgraben-Formation – rote Konglomerate als Ablagerungen von Muren auf Schwemmkegeln; (2) Streiteck-Formation – Mergel-Sandstein-Konglomerat-Abfolgen von Fan-Deltas während der ersten Meeresüberflutung im späten Turonium; (3) Grabenbach-Formation – graue Schelfmergel mit Sturmsandsteinlagen; (4) Hochmoos-Formation – Seichtwasserablagerungen mit Rudistenriffen; (5) Bibereck-Formation – Mergel und Kalkmergel eines rasch abtiefenden Meeres; (6) Ressen-Formation, Nierental-Formation und Zwieselalm-Formation – Tiefwasserablagerungen von Tiefseefächern und Tiefseeschlamm mit planktonischen Mikrofossilien, und Spuren eines Asteroideneinschlages an der Kreide/Tertiär-Grenze vor 65 Mio. Jahren.

ABSTRACT

The Gosau-Group of the area of Gosau and Rußbach comprises the following formations: (1) Kreuzgraben Formation – red conglomerates deposited by debris flows on alluvial fans; (2) Streiteck Formation – marl-sandstone-conglomerate cycles of fan-deltas, deposited during the first marine transgression during the Late Turonian, (3) Grabenbach Formation – grey shelf marls including storm sandstone layers; (4) Hochmoos Formation – shallow-water deposits and rudist reefs; (5) Bibereck Formation – marls and marly limestones deposited in rapidly increasing water depths; (6) Ressen Formation, Nierental Formation and Zwieselalm Formation – deep-water deposits of deep-sea fans and planktonic ooze, including traces of an asteroid impact at the Cretaceous/Tertiary-Boundary 65 my ago.

I. EINFÜHRUNG

Die Gosauschichten (Gosau-Gruppe) des Gebietes um Gosau und Rußbach setzen sich aus einer Abfolge von Sedimentgesteinen zusammen, die seit dem Ende des 18. Jahrhunderts Gegenstand geowissenschaftlicher Untersuchungen sind. Auf Lill von Lilienbach (1830) geht der Begriff der „Gosauer Gesteine“ zurück. Klassische Bearbeitungen der Gesteine und ihrer Fossilien stammen unter anderem von Sedgwick, Murchison (1832) und Reuss (1854).

Die heutige gültige lithostratigraphische Untergliederung in einzelne Schichteinheiten („Formationen“; siehe Abb. 1) geht auf die Untersuchungen von Weigel (1937) zurück, der den Großteil der heute verwendeten Schichtnamen im Gebiet von Gosau und Rußbach definierte. Diese Gliederung wurde später, mit Veränderungen, für die von der Geologischen Bundesanstalt herausgegebenen geologischen Karte des Gebietes übernommen (Österr. Geol. Karte Blatt 98 St. Wolfgang; Erläuterungen zur Gosau-Gruppe von Kollmann, in Plöching 1982) und in folgenden Bearbeitungen ausgebaut und verfeinert (u.a. Summesberger 1985; Wagreich 1988, 1998; Tröger, Summesberger 1994; Summesberger, Kennedy 1996).

In dieser Arbeit wird ein Überblick über die Ablagerungsgesteine und die Umweltbedingungen in der Oberkreide, im Zeitraum von vor etwa 90 bis 65 Millionen Jahre, für das Gebiet von Gosau – Abtenau gegeben. Eine leicht verständliche Übersicht über die Geologie und die grundlegenden Entwicklungsschritte der Ostalpen geben Krenmayr et al. (1999).

Alterseinstufungen der Gosau-Gruppe

Die Alterseinstufungen der Gesteine der Gosau-Gruppe beruhen auf ihrem Fossilreichtum. Mit Hilfe von Leitfossilien können einzelne Zeitstufen der Oberkreide unterschieden werden, etwa mit Ammoniten und Inoceramen (u.a. Summesberger 1979, 1985; Summesberger, Kennedy 1996; Tröger, Summesberger 1994). Sie schaffen Korrelationsmöglichkeiten zum international gültigen Grundgerüst der Zeiteinteilung innerhalb der Oberkreide. Zusätzlich werden noch Mikrofossilien, wie etwa Foraminiferen, und kalkige Nannofossilien zur

¹⁾ Ao. Univ. Prof. Dr. Michael Wagreich, Institut für Geologische Wissenschaften der Universität Wien, Geozentrum, Althanstraße 14, A-1090 Wien (e-mail: michael.wagreich@univie.ac.at)

Alterseinstufung der Gesteine herangezogen (u.a. Wille-Janoschek 1966; Wagreich 1992, 1998), vor allem für die fossilarmen höheren Abschnitte der Abfolge.

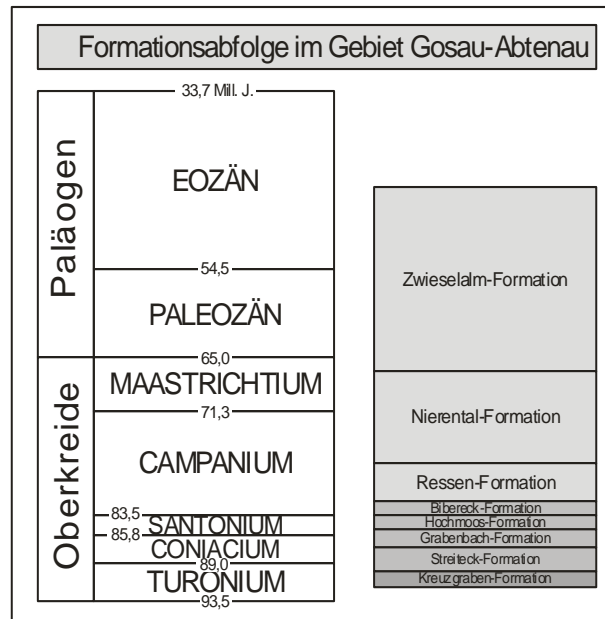


Abb. 1: Zeitskala (nach Gradstein et al. 1995) und Schichtfolge der Gosau-Gruppe des Gebietes von Gosau bis Abtenau. Lithostratigraphische Gliederung in Formationen nach Weigel (1937), Kollmann (in Plöching, 1982) und Wagreich (1988).

II. LAND- UND MEERESABLAGERUNGEN DER GOSAU-GRUPPE

Die untersten Schichtglieder der Gosau-Gruppe liegen auf einem verkippten, verfalteten und gestörten Untergrund von Trias und Juragesteinen, der sich während der ersten „eozälinen“ Gebirgsbildung der Kalkalpen gebildet hat. Während dieser Gebirgsbildung kam es auch zur ersten Heraushebung der Kalkalpen über dem Meeresspiegel in der Mittelkreide vor ca. 100 bis 90 Mio. Jahren. Rote Bodenbildungen mit Eisen- und Aluminiumanreicherung („Bauxite“) belegen diese Auftauchphase mit einer tropisch-subtropischen Verwitterung. Danach kam es zur Entstehung von relativ kleinen, nur wenige km² großen Sedimentbecken entlang von Brüchen (Wagreich, Decker 2001). Das Ablagerungsgebiet lag damals in etwa 30° nördlicher Breite (Wagreich, Faupl 1994).

Schwemmkegel, Muren und Wildflüsse in Gosau – die Kreuzgraben-Formation

Die Basis der Gosau-Gruppe im Gebiet von Gosau bis Abtenau wird durch die Kreuzgraben-Formation gebildet. Sie setzt sich aus rötlichen, groben Konglomeraten (Abb. 2a) mit untergeordneten Sandstein- und Tonzwischenlagen zusammen. Die typischen und namensgebenden Aufschlüsse für diese Formation finden sich im Gebiet des Kreuzgrabens nördlich Gosau-Vordertal. Kennzeichnend sind bis zu mehrere Meter dicke Konglomeratbänke, die auf die Ablagerung von murenartigen Schuttströmen auf alluvialen Schwemmfächern und Schwemmkegeln schließen lassen. Sehr selten, etwa im Gebiet der Neualpe nördlich von Rußbach, treten auch Kohlelagen und Reste von Süßwassermollusken auf, die auf kleine Tümpel und Sümpfe schließen lassen. Durch die Auswertung von Dünenschichtungen und Erosionsrinnen lässt sich eine Schüttungsrichtung der Schwemmkegel von Nord gegen Süd rekonstruieren.

Die Schwemmkegel bildeten sich wahrscheinlich an Beckenrandbrüchen, an denen es durch tektonische Absenkungen zu Reliefsprüngen kam (Abb. 3a). In Gosau konnte für diesen Zeitraum ein ca. 8 km breites Zerrungsbecken („Pull-Apart-Becken“) rekonstruiert werden, das von Brüchen begrenzt war (Wagreich, Decker 2001). Die rötliche Färbung spricht für ein tropisch-subtropisches Klima zu dieser Zeit.



Abb. 2: a) Kreuzgraben-Formation, rote Konglomerate im Färbergraben nördlich Gosau-Vordertal; b) Streiteck-Formation, graue Mergel-Sandstein-Konglomerat-Zyklen an der Pass Gschütt Straße östlich Rußbach; c) Grabenbach-Formation, graue Mergel mit wenigen Sandsteinlagen, Parkplatz Seilbahn Rußbach; d) Hochmoos-Formation, fossilführende Mergel im Tauerngraben nördlich Gosau; e) Bibereck-Formation, harte Kalkmergel am Schmidiplabbruch östlich Ressen; f) Nierental-Formation, rote Mergelkalke entlang der Postalm-Straße, nördlich Abtenau.

Die erste Meeresüberflutung – die Streiteck-Formation

Über den roten Konglomeraten der Kreuzgraben-Formation liegen graue Mergel-Sandstein-Konglomeratabfolgen der Streiteck-Formation, wie sie etwa an der Pass Gschütt Straße (km 32; Abb. 2b) östlich von Rußbach oder im Stöcklwaldgraben und Randograbens sichtbar sind. Die Mergel und Sandsteine zeigen schon erste marine Fossilien (etwa Korallen und Meeresschnecken, die Muschel *Phelopteria* oder den Ammonit *Barroisiceras haberfellneri*, Summesberger, Kennedy 1996) und beweisen damit die erste Meeresüberflutung nach der Auftauchphase der Kalkalpen.

Die Konglomerate dieser Streiteckformation zeigen typische Eigenschaften von küstennahen Schwemmkegel, die direkt in das Meer schütteten, sogenannte Fan-Deltas (Abb. 3b). Zwischen solchen kleinen Flussmündungen konnten sich Sandstrände und Ruhigwasserbereiche mit tonig-mergeligen Ablagerungen ausbilden (Wagreich 1988, 1989). Aus kalkalpenweiten Rekonstruktionen der Ablagerungen dieser Zeit kann man auf eine Meeresüberflutung aus dem Norden der Kalkalpen, vom penninischen Ozean aus, schließen (u.a. Wagreich, Faupl 1994).

Hurrikankatastrophen und feiner Schlamm – die Grabenbach-Formation

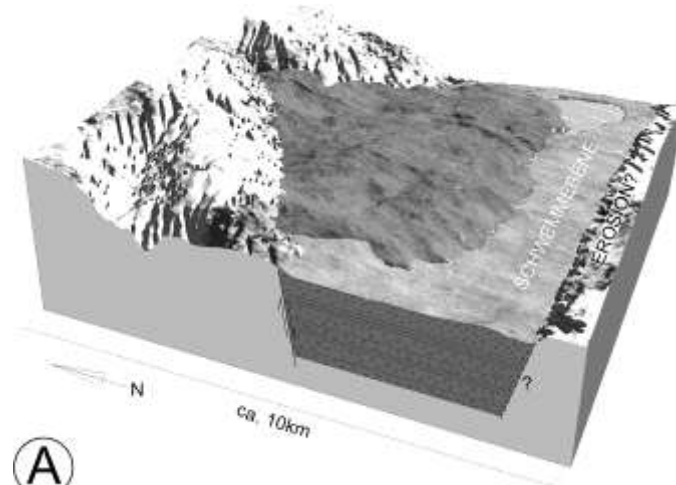
Die Meeresüberflutung, die mit der Streiteck-Formation begonnen hatte, weitete sich im Santonium (vor ca. 86 bis 83 Mio. Jahren) auf weite Teile der Kalkalpen, wie auch auf den gesamten Bereich von Gosau bis Abtenau, aus. Nur südlich von Gosau, im Bereich des Dachstein – Plankenstein-Plateaus, war wahrscheinlich weiter ein Landgebiet.

Die typischen Gesteine dieser Zeit sind die Ablagerungen der Grabenbach-Formation (Abb. 3c), wie sie im namensgebenden Grabenbach in Gosau-Vordertal, unmittelbar östlich der Pass Gschütt Bundesstraße, zu finden sind. In dieser Grabenbach-Formation sind vor allem weiche graue Mergel kennzeichnend, die Schlammablagerungen in tieferen, küstenferneren Schelfgebieten in etwa 30 bis 150 m Wassertiefe darstellen. Fossilien sind eher selten; meistens finden sich Inoceramen und Ammoniten. Zwischen diesen Mergeln finden sich allerdings immer wieder verschieden dicke Sandsteinlagen, die typische Schichtungsgefüge von Hurrikanlagen zeigen. Offenbar kam es in diesem flachen Schelfmeer immer wieder zu katastrophalen Sturmereignissen, die Wassermassen gegen die Küste drückten und zu Ablagerungen von Sandsteinen unter dem Einfluss von starken Küstenströmungen und hohen Sturmwellen führten (Wagreich 1988). Solche Lagen lassen sich sehr gut mit Hurrikanlagen etwa im heutigen Golf von Mexiko oder in der Nordsee vergleichen und zeigen charakteristische Schichtungen und Entwicklungen (Wagreich 1998).

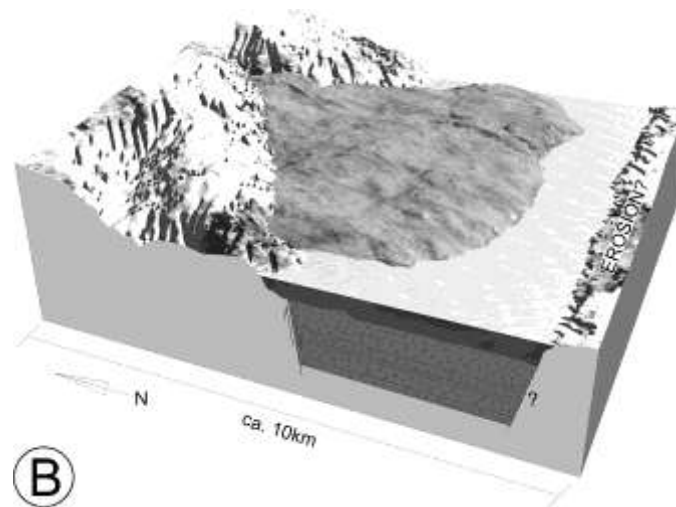
Riffe, Lagunen und weiße Strände – die Hochmoos-Formation

Die Hochmoos-Formation des späten Santoniums (vor ca. 84,5 – 83 Mio. Jahre) ist der bunte Abschnitt innerhalb der Schichtfolge der Gosau-Gruppe. Das Becken wurde zum Teil mit Sedimenten aufgefüllt und seichter, daher dominierten Seichtwasser- und Küstenablagerungen. Im Seichtwasser bildeten sich kleine Riffe, die vor allem durch Rudisten, eine tütenförmige Gruppe von Kreidemuscheln, aufgebaut wurden (u.a. Höfling 1985; Sanders, Kollmann, Wagreich 1997; Sanders, Höfling 2000). Die dadurch entstandenen Rudistenkalke finden sich an mehreren Stellen, etwa beim Straßendurchbruch beim Gosauschmied, im Gebiet des Wegscheidgrabens nahe dem Pass Gschütt und bei Oberstöckl nahe Rußbach. Auch Einzel- und stockbildende Korallen treten sehr häufig auf. Daneben sind seichte Lagunen vorhanden, in denen sich die berühmten Ansammlungen von Gosauschnecken (*Trochacteon*) der Schneckenwand nördlich von Rußbach gebildet haben (Kollmann, Summesberger 1982). Zeitweise kam es auch zu Einmündungen von kleinen schotterführenden Flüssen, die konglomeratisch-sandige Deltaablagerungen bildeten, und zu Sandstrandbildungen. Auch Hurrikans erreichten zu dieser Zeit noch das Gebiet, rissen Teile der Riffe und der Strände mit sich und bildeten Sturmlagen mit groben Geröllen.

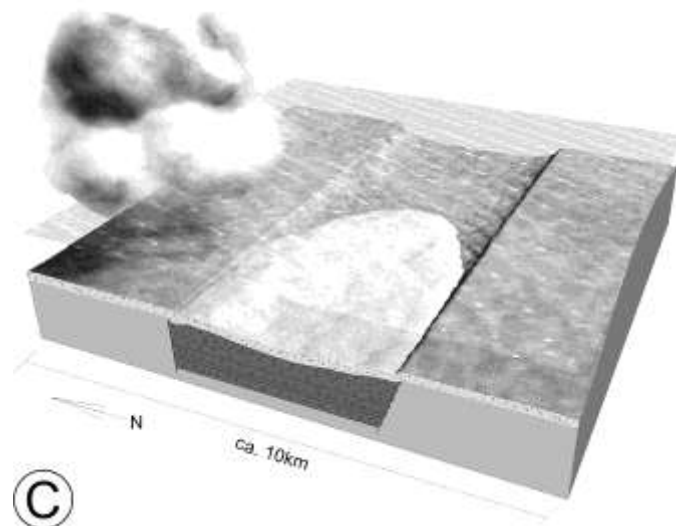
Am Ende der Sedimentationszeit der Hochmoos-Formation kam es zur Ablagerung der fossilreichen Sandkalkbank, aus der eine Vielzahl von Meeresschnecken, Muscheln und Ammoniten bekannt sind (u.a. Summesberger 1979, 1985a, b; Kollmann 1980; Dhondt 1987).



(A)



(B)



(C)

Abb. 3: Blockbilder der Ablagerungssysteme der Gosau-Gruppe. A) Kreuzgraben-Formation: alluviale Schwemmkegel und Wildbäche. B) Streiteck-Formation: Schwemmkegel münden als Fan-Deltas direkt in einen marinen Küstenbereich. C) Grabenbach-Formation: Sturmsandlagen werden innerhalb feinkörniger Schelfmergel abgelagert.

Die zweite Überflutung und das Abtauchen – die Bibereck-Formation

Nach dieser Seichtwasserphase, die zum Teil auch zum Auftauchen einzelner Gebiete geführt hatte, kam es im frühen Campanium (vor ca. 83 – 81 Mio. Jahren) zu einer in geologischen Zeiträumen gesehen raschen Absenkung der Kalkalpen in Meerestiefen von zumindest 1000 bis 1500 m. Die Schelfmergel gehen in Tiefseemergel über, die zu einem Großteil aus den Resten von kalzitischen planktonischen Mikrofossilien (Foraminiferen, Coccolithen) bestehen (Wille-Janoschek 1966; Wagreich 1998).

Die Ursachen für dieses Abtauchen der Kalkalpen in die Tiefsee lagen in dem plattentektonischen Geschehen am Nordrand der ostalpinen Mikroplatte, auf der die Kalkalpen lagen. Wahrscheinlich wurden durch die Verschluckung des penninischen Ozeans Teile der ostalpinen Mikroplatte mitgerissen („tektonische Erosion“) und damit die Abtiefung und ein Kippen der Kalkalpen gegen Norden ausgelöst (vergl. Abb. 4).

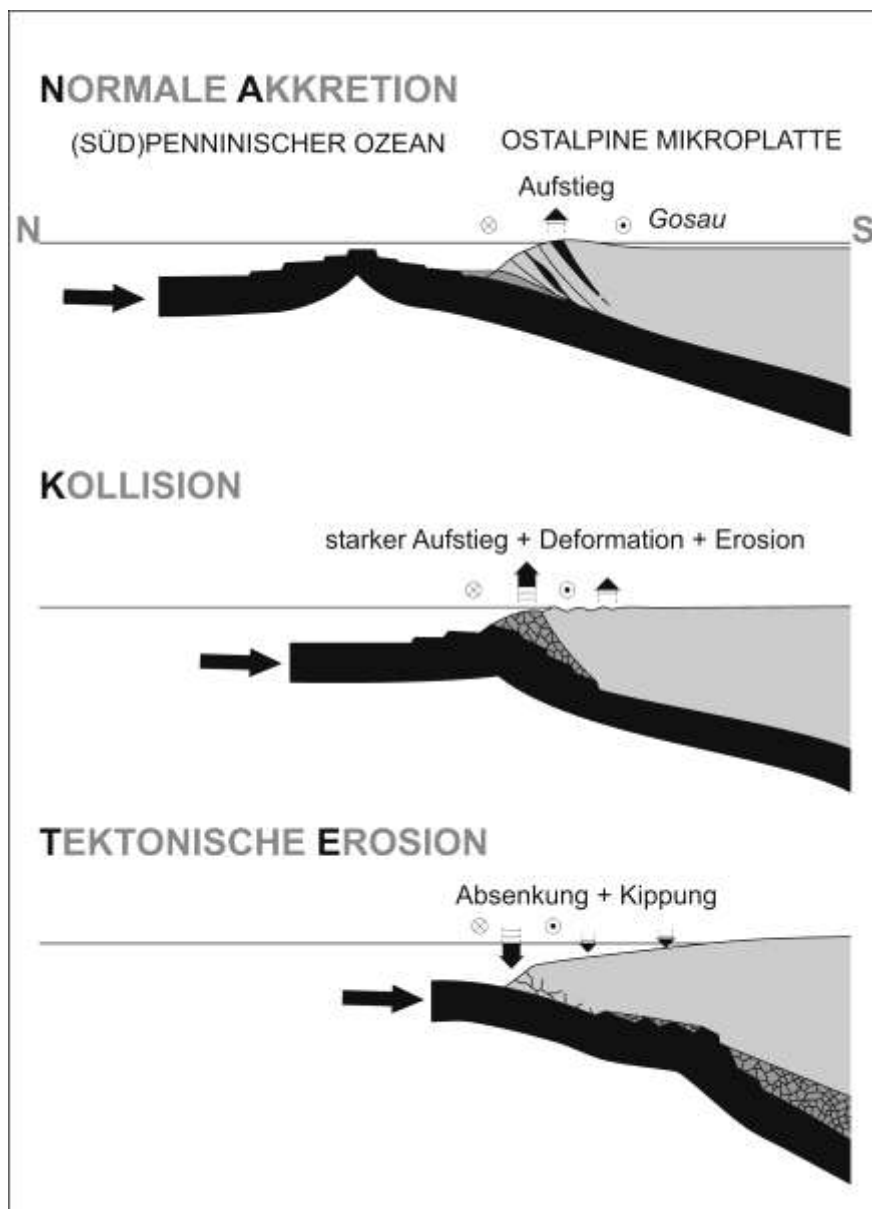


Abb. 4: Plattentektonisches Entwicklungsschema zur Absenkung des Gosaubeckens in die Tiefsee durch tektonische Erosion während der Subduktion des penninischen Ozeans (modifiziert nach Wagreich 1993, 1995).

Tiefseelawinen und Tiefseeschlamm – die Ressen-Formation und die Nierental-Formation

Die Gesteine des Ressen südöstlich Gosau, die die Ressen-Formation aufbauen, sind vor allem in den Schleifsteinbrüchen und in Gräben im Gebiet westlich Gosau-Mittertal zu finden. Sie zeigen die typischen Gesteinsausbildungen von submarinen Ablagerungen auf Tiefseefächern, wie sie heute etwa vor dem Schelf Westafrikas oder vor Kalifornien bekannt sind. Die kennzeichnenden dicken Sandsteinlagen sind das Resultat von Tiefseelawinen, sogenannten Trübeströmen, die sich etwa durch Erdbeben im Bereich der Schelfkante bilden können und als Sediment-Wasser-Lawine der Schwerkraft folgend in die Tiefsee abgleiten. Die Ablagerungen zeigen Gradierungen, d.h. die größten Komponenten wurden zuerst abgelagert, die feinsten Körner, wie etwa Tonminerale, zuletzt.

Die Nierental-Formation des späten Campaniums und frühen Maastrichtiums (vor ca. 78 – 70 Mio. Jahren; Wagreich, Krenmayr 1993; Krenmayr, 1996, 1999) sind überwiegend rote und hellgraue Tiefseekalkschlammablagerungen voller Planktonreste. Die Rotfärbung ist auf oxidierende Bedingungen auf dem Meeresboden zurückzuführen.

Die finale Katastrophe der Kreidezeit vor 65,5 Mio. Jahren

Die über der Nierental-Formation folgende Zwieselalm-Formation ist wieder gekennzeichnet durch größere Sedimentation, vor allem Sandsteine und Mergel aus Trübeströmen der Tiefsee. Innerhalb dieser Formation sind auch an zwei Stellen im Elendgraben und im Rote Wand Graben Spuren der Umweltkatastrophe an der Kreide-Tertiär-Grenze (bzw. Kreide-Paläogen-Grenze) zu finden (u.a. Preisinger et al. 1986; Lahodinsky 1988). Dabei handelt es sich um jenen Zeitabschnitt vor etwa 65 Mio. Jahren, in dem ein weltweites Massensterben unter anderem Dinosaurier, Ammoniten und Rudisten aussterben ließ. Die Gründe für dieses Aussterben wurden und werden bis heute intensiv in der Fachwelt diskutiert – die wahrscheinlichste Hypothese ist ein Asteroideneinschlag, wahrscheinlich auf der Halbinsel Yukatan in Mexiko. Spuren solch eines Einschlags wurden auch in Gosau gefunden, so etwa Anreicherungen kosmischer Elemente wie Iridium und durch die Wucht des Einschlags deformierte „geschockte“ Quarzkristalle, die weltweit verteilt wurden. Das rekonstruierte Katastrophenszenario beinhaltet durch den Einschlag ausgelöste globale Brände und eine folgende Verdunklung der Erde und Übersäuerung der Ozeane (u.a. Köberl 1998). Allerdings kam es schon vor diesem Asteroideneinschlag zu einer globalen Klimaverschlechterung, sodass der Einschlag wahrscheinlich nur der letzte Auslöser für dieses Massensterben war.

Nach dieser Katastrophe ging die Tiefseesedimentation mit der Zwieselalm-Formation weiter bis zum Ende der Sedimentation der Gosau-Gruppe im frühen Eozän vor ca. 50 Mio. Jahren.

ANHANG I: LITERATUR

- Dhondt A. 1987. Bivalves from the Hochmoos Formation (Gosau Group, Oberösterreich, Austria). *Ann. Naturhistor. Mus. Wien* **88A**, 41-101, Wien.
- Höfling R. 1985. Faziesverteilung und Fossilvergesellschaftungen im karbonatischen Flachwasser-Milieu der alpinen Oberkreide (Gosau-Formation). *Münchner Geowiss. Abh.* **A3**, 1-206, München.
- Gradstein, F.M., Agterberg, F.P., Ogg, J.G., Hardenbol, J., Van Veen, P., Thierry, J., Huang, Z. 1995. A Triassic, Jurassic and Cretaceous time scale. In: Berggren W.A., Kent D.V., Aubry M.P., Hardenbol J. (Hrsg.): *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation*. SEPM Spec. Publ. **54**, 95-126, Tulsa.
- Köberl Ch. 1998. *Impakt. Gefahr aus dem All*. Wien-Klosterneuburg (Ed. Va bene).
- Kollmann H.A., 1980. Gastropoden aus der Sandkalkbank (Hochmoossschichten, Obersanton) des Beckens von Gosau (OÖ.). *Ann. Naturhist. Mus. Wien* **83**, 197-213, Wien.
- Kollmann H.A., Summesberger H. 1982. Excursions to Coniacian-Maastrichtian in the Austrian Alps. *Work. Group Cretaceous Stage Boundaries, 4th Meeting 1982*, 1-104, Wien (Naturhist. Mus.).
- Krenmayr H.G. 1996. Hemipelagic and turbiditic mudstone facies associations in the Upper Cretaceous Gosau Group of the Northern Calcareous Alps (Austria). *Sediment. Geol.* **101**, 149-172, Amsterdam.
- Krenmayr H.G. 1999. Die Nierental-Formation der Oberen Gosau-Gruppe (Oberkreide-Paläozän, Nördliche Kalkalpen) in Berchtesgaden: Definition, Fazies und Environment. *Jb. Geol. B.-A.* **141**, 409-447, Wien.
- Krenmayr H.G. et al. (Hrsg.), 1999. *Rocky Austria. Eine bunte Erdgeschichte von Österreich*. Wien (Geol. Bundesanst.).
- Lahodinsky R. 1988. Lithostratigraphy and sedimentology across the Cretaceous/Tertiary boundary in the Flyschgosau (Eastern Alps, Austria). *Rev. Espanola Paleont. Extraord.* **1988**, 73-82, Bilbao.

- Lill von Lilienbach, 1830. Ein Durchschnitt aus den Alpen mit Hindeutungen auf die Karpathen. Leonhard und Bronns Jb., Heidelberg.
- Plöchinger B., 1982. Erläuterungen zu Blatt 95 Sankt Wolfgang im Salzkammergut. 74 p., Wien (Geol. Bundesanst.).
- Preisinger A., Zobetz E., Gratz A., Lahodinsky R., Becke M., Mauritsch H.J., Eder G., Grass F., Rögl F., Stradner H., Surenian R. 1986. The Cretaceous/Tertiary boundary in the Gosau Basin, Austria. *Nature* **322**, 797-799, London.
- Reuss A.E. 1854. Beiträge zur Charakteristik der Kreideschichten der Ostalpen, besonders im Gosauthale und am Wolfgangsee. *Denkschr. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl.* **7**, 1-156, Wien.
- Sanders D., Höfling R. 2000. Carbonate deposition in mixed siliciclastic-carbonate environments on top of an orogenic wedge (Late Cretaceous, Northern Calcareous Alps, Austria). *Sediment. Geol.* **137**, 127-146, Amsterdam.
- Sanders D., Kollmann H., Wagreich M. 1997. Sequence development and biotic assemblages on an active continental margin: the Turonian-Campanian of the Northern Calcareous Alps, Austria. *Bull. Soc. géol. France* **168**, 351-372, Paris.
- Sedgwick A., Murchison R. 1832. A sketch of the structure of the Eastern Alps. *Geol. Soc. London Transact. Ser.* **23/2**, 301-420, London.
- Summesberger H. 1979. Eine obersantonine Ammonitenfauna aus dem Becken von Gosau (Oberösterreich). *Ann. Naturhist. Mus. Wien* **82**, 109-176, Wien.
- Summesberger H. 1985. Ammonite zonation of the Gosau Group (Upper Cretaceous, Austria). *Ann. Naturhist. Mus. Wien* **87**, 145-166, Wien.
- Summesberger H., Kennedy W.J. 1996. Turonian ammonites from the Gosau Group (Upper Cretaceous; Northern Calcareous Alps; Austria) with a revision of *Barroisicerias haberfellneri* (HAUER, 1866). *Beitr. Paläont.* **21**, 105-177, Wien.
- Tröger K.-A., Summesberger H. 1994. Coniacian and Santonian inoceramid bivalves from the Gosau-Group (Cretaceous, Austria) and their biostratigraphic and palaeobiogeographic significance. *Ann. Naturhist. Mus. Wien* **96A**, 161-197, Wien.
- Wagreich M. 1988. Sedimentologie und Beckenentwicklung des tieferen Abschnittes (Santon-Untercampan) der Gosauschichtgruppe von Gosau und Rußbach (Oberösterreich-Salzburg). *Jb. Geol. B.-A.* **131**, 663-685; Wien.
- Wagreich M. 1989. Coarsening-upward fan-delta sequences in the Lower Streiteck Formation (Santonian) of the Gosau Group near Gosau (Upper Austria). *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.* **1989**, 47-64, Stuttgart.
- Wagreich M. 1992. Correlation of Late Cretaceous calcareous nannofossil zones with ammonite zones and planktonic foraminifera: the Austrian Gosau sections. *Cret. Research*, **13**, 505-516, London.
- Wagreich M. 1993. Subcrustal tectonic erosion in orogenic belts - A model for the Late Cretaceous subsidence of the Northern Calcareous Alps (Austria). *Geology* **21**, 941-944, Boulder.
- Wagreich M. 1995. Subduction tectonic erosion and Late Cretaceous subsidence along the northern Austroalpine margin (Eastern Alps, Austria). *Tectonophysics* **242**, 63-78, Amsterdam.
- Wagreich M. 1998. Lithostratigraphie, Fazies und Sequenzstratigraphie der Gosau Gruppe von Bad Ischl und Strobl am Wolfgangsee (Oberturon-Maastricht, Nördliche Kalkalpen, Österreich). *Jb. Geol. B.-A.* **141**, 209-234, Wien.
- Wagreich M., Decker K. 2001. Sedimentary tectonics and subsidence modelling of the type Upper Cretaceous Gosau basin (Northern Calcareous Alps, Austria). *Int. J. Earth Sci.* **90**, 714-726, Berlin.
- Wagreich M., Faupl P. 1994. Palaeogeography and geodynamic evolution of the Gosau Group of the Northern Calcareous Alps (Late Cretaceous, Eastern Alps, Austria). *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* **110**, 235-254, Amsterdam.
- Wagreich M., Krenmayr H.-G. 1993. Nannofossil biostratigraphy of the Late Cretaceous Nierental Formation, Northern Calcareous Alps (Bavaria, Austria). *Zitteliana* **20**, 67-77, München.
- Weigel O. 1937. Stratigraphie und Tektonik des Beckens von Gosau. *Jb. Geol. B.-A.* **87**, 11-40, Wien.
- Weiss W. 1977. Korrelation küstennaher und küstenferner Faziesbereiche in den Unteren Gosauschichten (Oberkreide, Österreich). *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.* **1977**, 289-302, Stuttgart.
- Wille-Janoschek U. 1966. Stratigraphie und Tektonik der Schichten der Oberkreide und des Alttertiärs im Raume von Gosau und Abtenau (Salzburg). *Jb. Geol. B.-A.* **109**, 91-172, Wien.