

Der Einfluss von Verwitterung auf die Paläozeanographie zu Beginn des Kreide-Treibhausklimas (Valanginian und Hauterivian) in der West-Tethys

Doctoral Thesis

Author(s):

Kuhn, Oliver

Publication date:

1996

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001794118>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Diss. ETH № 11980

**Der Einfluss von Verwitterung auf die
Paläozeanographie zu Beginn des Kreide-
Treibhausklimas (Valanginian und Hauterivian)
in der West-Tethys**

ABHANDLUNG
Zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von:

Oliver Kuhn
Dipl. Geol. UNI Zürich

geboren am 6. August 1966
von Bern



Prof. H. Weissert
Prof. K. B. Föllmi
Prof. H. R. Pfeifer
Dr. L. Bulot

ETH Zürich
Uni Neuchatel
Uni Lausanne
Uni Marseille

Referent
1. Korreferent
2. Korreferent
3. Korreferent

26.9.1996

Abstract

Motivation: Weathering plays a key role in the exogenic geochemical cycle. The question is posed: what is the influence of weathering on paleoceanography and sedimentation? The time-interval Valanginian/Hauterivian was chosen, because various independent observations permit us to recognize a change from an arid-warm to a humid-warm climate during the Valanginian. It is probable therefore, that the intensity of weathering increased during this episode. The present study was performed as a case study on marine sediments of the Helvetic Alps with emphasis on the sedimentological and geochemical evolution.

$\delta^{13}\text{C}_{\text{Carb}}$ -Event. In the Helvetic Alps a twofold, positive carbon-isotope-excursion with an amplitude of 2‰ is recorded. The $\delta^{13}\text{C}$ -excursion lasted from the Campylotoxum- to the Loryi-Zone. The $\delta^{13}\text{C}$ -event from the Helvetic Alps is coeval with the $\delta^{13}\text{C}$ -event from the Southern Alps', but its morphology is different. The first peak (Campylotoxum- to Verrucosum-Zone) has an amplitude of 1‰. The second peak (upper Verrucosum- to Loryi-Zone) has an amplitude of ca. 1.5‰. The drop of $\delta^{13}\text{C}$ -values started in the upper Valanginian (Callidiscus-Zone). In ten profiles and two transects the temporal and spatial evolution of the carbon-isotope-excursion on the helvetic shelf was investigated. Correlation of $\delta^{13}\text{C}$ - in transects across the shelf enables us to recognize a hiatus which lasted longer in the proximal direction (max. Verrucosum- till Radiatus-Zone). The lower and the upper boundaries of the hiatus are heterochronous. The positive carbon isotope excursion is interpreted as the effect of a shift in the ratio in C_{Org} - to C_{Carb} -burial due to an increase of C_{Org} -accumulation and a coeval decrease of carbonate production in shallow waters. In addition, two biostratigraphically well dated $\delta^{13}\text{C}$ -sections from other regions (Betic Cordillera, West-Carpathians) on the northern Tethys-margin are described herein. Both sections show a positive carbon isotope excursion that starts in the Campylotoxum-Zone.

A positive excursion of the oxygen isotopic composition of carbonate, with an amplitude of 2‰ was found in the Valanginian strata (Campylotoxum- to Verrucosum-Zone) of the Helvetic Alps. This excursion is correlated with phosphogenesis and the immigration of boreal faunas into the Tethys. It is discussed, if this $\delta^{18}\text{O}$ excursion can be explained by an injection of cold waters from the boreal oceans, because of the opening of seaways inbetween the two basins.

Platform-evolution: The ecological composition of the helvetic carbonate platform changes at the same time as the carbon-isotope excursion. A platform which is dominated by crinoids and bryozoans prograded (Pertransiens-Zone) until the $\delta^{13}\text{C}$ -excursion started. There was a change to spiculitic and echinoderm-rich platform-

II

carbonates during the first peak (Campylotoxum-Zone). The progradation ceased at that time. Phosphorite- and glauconite-horizons formed in the outer and the inner shelf (Verrucosum- to ?Loryi-Zone). At the base of the second $\delta^{13}\text{C}$ -peak the platform-growth stopped completely and restarted in the echinoderm-spiculite facies not until the Hauterivian (Loryi-Zone). The stepwise reduction of benthic carbonate production and the resulting drowning is explained with the enhanced input of particular and dissolved weathering products and subsequent induced stress .

Detritus: There is a change from fine- to coarse-grained quartzarenites in the neritic realm and a shift in the clay-mineral composition from illitic-clays to kaolinitic- and chloritic-clays in the hemipelagic realm of the helvetic shelf during the Upper Valanginian. Geochemical investigations reveal an increased content of iron, titanium, cobalt, chromium, zinc and zirconium in the detrital fraction of late Valanginian age. The deposition of chemically mature detritus and the enrichment of some of the trace elements is used as an argument for intensified chemical weathering on the continent. Pedogenic particles (fragments of laterite, runiquartz-, alterite-grains) were found in the neritic realm (Jura, Autochthonous, Helvetic Nappes). These pedogenic particles are direct evidence of the formation of lateritic soils under warm-humid climates.

Phosphorite: A reinvestigation of the phosphoritic ammonite faunas from the helvetic shelf shows that phosphorite formation took place in four episodes during the Valanginian/Hauterivian. Phosphogenesis resulting into the newly defined Büls-Beds took place in the ?Pertransiens- to the Campylotoxum-Zone. Phosphogenesis leading to the Gemsmättli-Bed s. str. took place in the Verrucosum- to the Trinodosum-Zone. Phosphogenesis and accumulation of the Raaberg-Beds took place in the Radiatus to the Loryi-Zone. Phosphogenesis and accumulation of the Lidernen-Beds took place in the Upper Loryi- to the base of the Nodosoplicatum-Zone. The beginning and the end of the formation of phosphorites on the helvetic shelf was heterochronous. Phosphogenesis began in the distal parts of the shelf and spread onto the inner shelf in the Verrucosum-zone. The cause of this heterochrony is explained by an expansion of the oxygen-minimum-zone. The oxygen deficient conditions in the bottom water promote phosphorite formation. The expansion of the oxygen-minimum-zone is attributed to enhanced primary production of the surface waters. Sedimentologic and taphonomic investigations show that the phosphogenesis on the helvetic shelf took place in quartzarenitic, kaolinite-goethite-micrite muds in closed micro-environments very early during the diagenesis. Various evidence for dys- to anoxic conditions and active sulfate-reduction during the formation of the phosphorites are found: (1) the ichnofossil Chondrites is present in the phosphorite matrix (2) goethite and kaolinite have been transformed into glauconite and chamosite (3) the $\delta^{34}\text{S}$ -values of early diagenetic pyrite from the phosphorites is 25‰

III

more positive than coeval pyrite from the hemipelagic marls (4) $\delta^{13}\text{C}$ -values from apatite- CO_3 are lower and $\delta^{34}\text{S}$ -values of apatite- SO_4 are higher than for coeval seawater. The phosphorites from the helvetic shelf are rich in iron (min. 2% max. 20% Fe_2O_3), when compared to average phosphorite. Deposition of limonitic sediments in the neritic realm of the Jura and the autochthonous part of the western and central Alps took place simultaneously with phosphogenesis on the shelf. The rare-earth-element-pattern (REE) of different minerals of iron and phosphorite is similar to the REE-pattern in recent river water from tropical environments. It is concluded that the Fe-particles formed on the continent. The coincidence of the focused input of terrigenous Fe-phases with adsorbed phosphate, suitable diagenetic conditions and later reworking is proposed to explain the phosphorite-belt along the northern tethyan margin

An estimation of the amount of phosphorus stored in these phosphorites and mass-balance calculations lead to the conclusion that the phosphorites from the Valanginian and the Hauterivian can not be explained by an increased phosphorus-input into the ocean. The investigation of the accumulation of phosphorus in various hemipelagic and pelagic sections in the western Tethys area suggests that there was no increased P-flux in the Late Valanginian and Early Hauterivian.

Manganese: Several localities along the western Tethys, the Atlantic and the Pacific (Oman, Southern-Alps, West-Karpathians, Helvetic Alps, Vocontian Trough, Betic Cordillera, Galicia Margin, SW-Japan, Pigafetta Basin, Argo Abyssal Plain) show significant enrichment of manganese in the sedimentary rocks of Late Valanginian age. All investigated sections show a two- to four-fold enrichment of Mn in the Upper Valanginian, when compared to the Lower Valanginian and the Hauterivian. The Mn-enrichment is commonly associated with high iron-content. The carbonate-rich sections are also characterized by a positive $\delta^{13}\text{C}$ -shift during that period. The carbon isotopic- and the manganese-excursions begin at the same stratigraphic level. Mn content reaches its maximum values before the $\delta^{13}\text{C}$ -peak. Some of the Mn-enrichments can be explained by increased hydrothermal Mn-input. Other Mn-enrichments are related to dysoxic conditions at the place of deposition and the formation of Mn-carbonates or a remobilisation of Mn in anoxic parts of the basin and Mn-oxide precipitation in the oxic parts. It is proposed that a global increase in volcanism, with its consequences on the hydrothermal-, continental- and diagenetic Mn-flux leads to the observed Mn-enrichment in the Late Valanginian.

Synthesis: It is concluded that the intensity of continental weathering and erosion increased in the Late Valanginian, due to a change from arid-warm to humid-warm climates. This climate change is explained with increased volcanic exhalation of CO_2 and a resulting greenhouse effect. The increase in weathering-input strongly influences the

IV

shallow marine shelf areas. The oxygen-minimum-zone expands as a direct result of the increased continental runoff. Carbonate-platforms "drown". The increase in chemical weathering led to the formation of lateritic soils and increased the input of particulate iron. The coincidence of localized input of particulate iron and the development of oxygen-deficient conditions promoted phosphogenesis in the shelf areas and in the epicontinental basins.

Zusammenfassung

Grundlagen: Die Fragestellung zu dieser Arbeit lautet: Wie beeinflusst eine Zunahme der Verwitterungsintensität die Paläozeanographie und die Sedimentation? Um diese Frage zu beantworten wurde das Zeitintervall Valanginian/Hauterivian ausgewählt, weil verschiedene unabhängige Indizien auf einen Wechsel von warm-ariden zu warm-humiden Klimabedingungen im Valanginian schliessen lassen und somit eine Zunahme der Verwitterungsintensität in diesem Zeitabschnitt wahrscheinlich ist. Die Untersuchungen wurden im Rahmen einer Fallstudie über die sedimentologische und geochemische Entwicklung der marinen Sedimentgesteine des Helvetikums durchgeführt.

$\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ -Event: Im Helvetikum lässt sich eine zweiteilige Kohlenstoff-Isotopen-Exkursion mit einer Amplitude von ca. 2‰ im Abschnitt Campylotoxum- bis Loryi-Zone nachweisen. Die $\delta^{13}\text{C}$ -Exkursion ist synchron mit derjenigen der Südalpen, zeigt aber einen anderen Verlauf. Der erste Ausschlag (Campylotoxum- bis Verrucosum-Zone) weist eine Amplitude von ca. 1‰ auf. Der zweite Anstieg (späte Verrucosum- Loryi-Zone) hat eine Amplitude von ca. 1.5‰. Der Rückgang der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte beginnt in der Callidiscus-Zone. In zehn Profilen und zwei Querschnitten wurde die raumzeitliche Entwicklung der Kohlenstoff-Isotopen-Exkursion auf dem helvetischen Schelf untersucht. Die Korrelation von $\delta^{13}\text{C}$ -Profilen in Schelfquerschnitten durch die Churfirten und die Randketten zeigt eine in proximaler Richtung zunehmend längerdauernde Schichtlücke zwischen Verrucosum und Radiatus-Zone. Sowohl die Untergrenze wie auch die Obergrenze der Schichtlücke verläuft heterochron. Die Kohlenstoff-Exkursion wird als Effekt der Verschiebung des Verhältnisses zwischen C_{org} - und C_{carb} -Ablagerung aufgrund einer globalen Zunahme der C_{org} -Ablagerung bei gleichzeitiger Abnahme der globalen Karbonat-Bildung gedeutet. Zwei biostratigraphisch gut dokumentierte $\delta^{13}\text{C}$ -Profile aus anderen Ablagerungsräumen auf dem Nord-Tethysrand (Betsche Kordillere, West-Karpathen) werden beschrieben. Beide Profile bestätigen die Anwesenheit einer positiven Kohlenstoff-Isotopen-Exkursion, die in der Campylotoxum-Zone beginnt.

Zusätzlich lässt sich zwischen Oberer Campylotoxum- und Unterer Verrucosum-Zone ein positiver Shift der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte um ca. 2‰ feststellen. Diese Exkursion ist korreliert mit der Phosphoritbildung und dem Einwandern von borealen Faunenelementen. Es wird diskutiert inwiefern die $\delta^{18}\text{O}$ -Exkursion mit einer Kaltwasser-Injektion aus dem borealen Ozean in Zusammenhang steht.

Plattform-Entwicklung: Synchron zur Kohlenstoff-Exkursion ändert sich die ökologische Zusammensetzung der Karbonatplattform des helvetischen Schelfs. Vor dem $\delta^{13}\text{C}$ -Shift progradiert eine durch Crinoiden/Bryozoen-dominierte Plattform bis an den Rand des inneren Schelfs (Pertransiens-Zone). Während des ersten Ausschlags in der

$\delta^{13}\text{C}$ -Kurve findet ein Wechsel zu einer Echinodermen-Spiculit Fazies statt (Campylotoxum-Zone). Die Progradation stoppt, es kommt zu einer Ausbildung eines Phosphorit- und Glaukonit-Horizontes zwischen innerem und äusserem Schelf (Verrucosum-?Loryi-Zone). An der Basis des zweiten Ausschlages setzt das Plattform-Wachstum aus und beginnt erst wieder im Hauterivian (Loryi-Zone) in der Echinodermen-Spiculit Fazies. Der stufenweise Rückgang der Karbonatproduktion auf dem Helvetischen Schelf wird durch vergrösserte Zufuhr von festen und gelösten Verwitterungsprodukten und die Summe der daraus resultierenden Stressfaktoren erklärbar.

Detritus: Im neritischen Ablagerungsbereich des Helvetischen Schelfs lässt sich im Ober Valanginian ein Wechsel von fein- zu grobkörnigen Quarzareniten, im hemipelagischen ein Wechsel von Illit- zu Kaolinit- und Chlorit-dominierten Tonmineralspektren feststellen. Geochemische Untersuchungen zeigen, dass der Fe-, Ti, Cr-, Co-, Zn- und Zr-Gehalt in der detritischen Phase erhöht ist. Die Ablagerung von chemisch-reifem Detritus und die spezielle Spurenelement-Anreicherung wird als Argument für starke chemische Verwitterung und Erosion im Hinterland angeführt. In den neritischen Abfolgen sind typische pedogene Partikel (Laterit-, Alterit-Fragmente, Runicuarze) gefunden worden. Diese pedogenen Partikel sind als direkte Zeugnisse der lateritischen Bodenbildung unter warm-humiden Klima zu deuten.

Phosphorite: Durch eine biostratigraphische Neubearbeitung der phosphoritischen Ammoniten-Faunen wird gezeigt, dass die Phosphoritbildung im Zeitabschnitt Valanginian/Früh-Hauterivian in vier Phasen stattfand. Die Phosphoritbildung der neudefinierten Büls-Schichten findet innerhalb der Pertransiens und Stephanophorus-Zone statt (Unter Valanginian), die Phosphoritbildung der Gemsmättelschicht s. str. umfasst die Verrucosum bis Trindosum-Zone, die Phosphoritbildung der Raaberg-Schicht umfasst die Radiatus- und die Basis der Loryi-Zone, die Phosphoritbildung der Lidernen-Schicht umfasst die obere Loryi-Zone und die Basis der Nodosoplicatum-Zone. Der Beginn und das Ende der Phosphoritbildung auf dem helvetischen Schelf ist also heterochron. Die Phosphoritbildung beginnt im distalen Bereich des Schelfs und breitet sich während der Verrucosum-Zone bis auf den inneren Schelf aus. Die Ursache dieser Heterochronie wird durch eine Expansion der Sauerstoffminimum-Zone (OMZ) und eine Ausdehnung der Phosphoritbildungszone erklärt. Die Expansion der Sauerstoffminimum-Zone wird als Effekt der erhöhten Produktivität im Oberflächenwasser interpretiert. Durch sedimentologische und taphonomische Untersuchungen kann gezeigt werden, dass die Phosphoritbildung auf dem helvetischen Schelf in einem quarzsandigen, Kaolinit-Goethit-Mikrit-Schlamm während der Frühdiagenese in abgeschlossenen Mikromilieu (z.B. Schalen) stattfand.

VII

Folgende Indizien lassen auf ein dys- bis anoxisches Milieu und Sulfatreduktion während der Phosphoritbildung schliessen: (1) das Spurenfossil Chondrites ist in der Phosphoritmatrix anwesend (2) Goethit und Kaolinit sind in der Phosphoritmatrix zu Glaukonit oder Chamosit umgewandelt (3) die $\delta^{34}\text{S}$ -Werte der frühdiagenetischen Pyritfraktion der Phosphorite ist verglichen mit derjenigen der zeitgleich abgelagerten hemipelagischen Sedimente (Diphyoides-Kalk) um 25‰ erhöht (4) die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von Apatit- CO_3 sind erniedrigt und die $\delta^{34}\text{S}$ -Werte von Apatit- SO_4 sind gegenüber Neocom-
Meerwasser erhöht. Die Phosphoritgesteine des Helvetikums weisen einen, verglichen mit durchschnittlichen Phosphoriten erhöhten Eisengehalt (2% bis 20% Fe_2O_3) auf. Zeitgleich mit der Bildung der Phosphorite auf dem helvetischen Schelf wurden in den neritischen Sedimentationsräumen des Juras limonitische Gesteine abgelagert. Aufgrund der grossen Aehnlichkeit der Verteilung der Seltenen Erden Elementen (REE) in Phosphorit- und Eisenmineralen des Helvetikums und des Juras zu der REE-Signatur in Flusswasser aus der tropischen Region wird angenommen, dass die Eisenpartikel terrigenen Ursprungs sind. Es wird vorgeschlagen, dass der küstennahe Phosphorit-Gürtel durch das Zusammenspiel von kontinentalem Eintrag von Eisenphasen und daran adsorbiertem Phosphat, geeigneten Diagenese- Bedingungen am Bildungsort und späterer Anreicherung der Phosphoritkonkretionen bildet.

Eine Abschätzung der in den Phosphoriten gespeicherten Menge Phosphor und Massenbilanz-Rechnungen zeigen, dass die Phosphorit-Gesteine des Valanginian und Hauterivian nicht durch eine Zunahme des globalen Phosphat-Inputs in den Ozean erklärt werden müssen. Die Untersuchung der Phosphor-Akkumulation in hemipelagischen und pelagischen Profilen der West-Tethys bestätigen, dass im Zeitabschnitt Spät-Valanginian bis Hauterivian kein erhöhter Phosphat-Flux nachgewiesen werden kann. Gemäss dieser Untersuchung markiert die Phosphoritbildung den fokussierten Eintrag von grossen Mengen, im sedimentären Phosphorzyklus wichtigen mineralischer Partikel (Fe-Hydroxide) in ein für die Apatitbildung geeignetes dysoxisches Milieu.

Mangan: In verschiedenen Lokalitäten der West-Tethys, dem Atlantik und dem Pazifik (Oman, Süd-Alpen, West-Karpathen, Helvetische Alpen, Vocontischer Trog, Betische Kordillere, Galicia Margin, SW-Japan, Pigafetta Becken, Argo-Tiefseeebene) ist eine signifikante Anreicherung von Mangan in den hemipelagischen und pelagischen Abfolgen des Spät-Valanginian und Früh-Hauterivian festzustellen. Innerhalb der in dieser Arbeit untersuchten Profile sind die Mn-Konzentrationen in den Schichten des Ober-Valanginian zwei bis vier mal höher als die Konzentration im Unter-Valanginian und Hauterivian. Die Mn-Anreicherung ist oft korreliert mit erhöhtem Eisen-Gehalt. Die in karbonatischen Profilen (Süd-Alpen, Helvetikum, Vocontischer Trog, Karpathen, Betische Kordillere) nachgewiesene $\delta^{13}\text{C}$ -Exkursion verläuft synchron zu der Mn-

VIII

Anreicherung. Die Mangan und die $\delta^{13}\text{C}$ -Exkursion beginnen an der gleichen stratigraphischen Position. Die Mangan-Konzentration erreicht ihr Maximum aber vor dem $\delta^{13}\text{C}$ -Maximum. Einige Mn-Anreicherungen lassen sich durch erhöhten hydrothermalen Mn-Flux erklären. Andere Mn-Anreicherungen stehen in Zusammenhang mit dysoxischen Bedingungen am Ablagerungsort oder einer Remobilisierung von Mn in anoxischen Beckenteilen und einer Aufällung am Rand dieser anoxischen Zonen. Demzufolge können die Mn-Anreicherungen nicht alle durch den gleichen Prozess entstanden sein. Als Hypothese wird vorgeschlagen, dass eine globale Zunahme des Vulkanismus zu den beobachteten Mn-Anreicherungen führt. Erhöhter Vulkanismus führt zu verstärktem hydrothermalen Mn-Input. Die aus dem erhöhten CO_2 -Ausstoss resultierende Erwärmung (Treibhauseffekt) führt zu einer vergrößerten Mobilisierung von Mangan und Nährstoffen vom Kontinent durch die Verwitterung. Die Zunahme der Primärproduktivität führt zu einem vergrößerten Sauerstoff-Verbrauch und zu einer Mn-Remobilisierung in anoxischen Wassermassen auf dem Kontinent wie im Ozean und folglich zu einer Zunahme der Mn-Ablagerung in oxischen Bereichen.

Synthese: In der vorliegenden Arbeit wird geschlossen, dass im Zeitraum Spät-Valanginian bis Früh-Hauterivian die Intensität der kontinentalen Verwitterung und Erosion wegen eines Wechsels von trocken-warmem zu feucht-warmem Klima zugenommen hat. Die Klimaänderung wird durch einen erhöhten vulkanischen CO_2 -Ausstoss erklärt. Die Zunahme der Verwitterung wirkt im Zeitintervall vor allem auf küstennahe Ablagerungsräume. Als direkter Effekte des verstärkten Flux vom Kontinent expandiert die Sauerstoffminimum-Zone, und die Karbonat-Plattformen sterben langsam ab. Als Effekt der Zunahme der chemischen Verwitterung und der resultierenden lateritischen Bodenbildung nimmt der Fe-Input zu. Der erhöhte Fe-Input und die dysoxischen Bodenwasserbedingungen fördern die Bildung von Phosphorit in Schelf-Regionen und in epikontinentalen Becken.

Verdankungen

Zuallererst möchte ich mich bei Helmi Weissert und Karl Föllmi für ihre jugendliche, motivierende Begeisterungsfreude und Anteilnahme am Fortgang meiner Dissertation und ihr Verständnis und Toleranz mir gegenüber bedanken. Ohne die kompetenten Ratschläge von Hanspeter Funk, Luc Bulot und H.-R. Pfeifer wäre die Dissertation nicht zustande gekommen. Die ritualisierten, wunderschöne Fress- und Diskussions-Orgien in der Mensa oder in unserem Büro, zusammen Markus und Graham waren immer sehr wichtig für mich. Hoch lebe die contemplative, buddhistische Palynologe. Hoch lebe die gesamtheitliche, linguistische Chronostratigraphie. Die ETH ist sowieso ein unheimlich toller inspirierender Schmelztiegel, darum möchte ich mich bei allen befreundeten und bekannten ETHlern bedanken z.B: Michi, Gregi, Caroline, Rachel, Alessio, Michi, Lisa, Iwan, Piotr, Trey, Jan-Henk, Ali, Himanshu, Christian, Susanne, Andrzej, Markus, Michi, Dominic, Heinz, Katharina, Bill, Jane, Stefano, Mary, Hermann, Catalina, Mara, Jogi, Marc, Cris, Daniel, Maria, Othmar, Hermann, Herbert u.v.a bedanken. Für die Ausführung von, oder die Mithilfe bei Messerien und die Einführung in optische, chemische und mineralogische Analyseverfahren und ihre Tücken möchte ich mich bei H.-R. Pfeifer, A. Stahel, S. Bernasconi, J. Terranes, M. Cortes, S. Hennig, G. Shields, D. Gruijic, M. Sachse, A. Fischer, P. Richner, Peter Stille, G. Fillippelli, H. Mönch herzlich bedanken. An dieser Stelle sei besonders S. Bernasconi und A. Stahel für ihre Geduld und ihren Galgenhumor im Umgang mit einem Elefanten, der öfters in den ihnen anvertrauten Porzellanladen herumgetrampelt ist, gedankt. In Euren Labors habe Ich mich immer Zuhause gefühlt. Für die Betreuung bei der Begutachtung und Ausleihe von Museumsmaterial (Ammoniten) war mir T. Pfister (Bern), R. Pancheaud (Basel), G. Friebe (Dornbirn) und Milena Pika-Biolzi (Zürich) behilflich. Die unglaublichen Anhäufungen von Schätzen, der verborgene Reichtum an Information, die vielen, vergilbten Handnotizen von berühmten Forschern in den Hochschul-Katakomben werden mir in lieber Erinnerung bleiben.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei Frau Zingg und ihrer Grosszügigkeit. Es war immer ein entspannender Genuss auf einen Schwatz in die Bibliothek zu gehen. Für die zur Verfügung-Stellung von Probenmaterial möchte ich mich bei den Verantwortlichen der NAGRA und NEAT, bei T. Adatte, K. Krajewski, A. Lini, R. Markinowski, A. Martin-Algarra, J. Mutterlose, Tj. Peters und K. Taylor ganz herzlich bedanken. Ohne das Vertrauen und die Unkompliziertheit dieser Personen, wären meine Labor-"Expeditionen" nicht möglich gewesen. Bei Urs Gerber möchte ich mich ganz besonders für die wunderschöne Fotoarbeit und den innovativen Tip mit den Wasserfarben bedanken. Danke für die Dünnschliffe Piro. Mein Lehrer und Freund Walter Etter hat viele Literaturhinweise gegeben und ein Kapitel des Manuskriptes korrigiert. Meine Eltern haben mich ideologisch, und finanziell unterstützt. Meine Mutter hat unzählige Tage, während meiner gesamten Forschungszeit zuerst auf ein, dann auf zwei Kinder aufgepasst. Mein Vater hat mir immer Zeit zur Verfügung gestellt. Ich werde ihnen für immer dankbar sein. Ich stehe tief in Eurer Schuld und habe euch sehr gern. Ebenfalls möchte ich mich bei meinen Schweigereltern bedanken, die mich und meine Familie mit grossem Einsatz unterstützt haben. Als familiär-fühlender Mensch bin ich sehr glücklich eine so nette zweite Familie gefunden zu haben. Zuletzt, zuunterst auf dieser Seite, etwas abgesetzt, sozusagen als Fundament möchte ich mich bei meiner Frau Susi und meinen Kindern Eroll und Pola bedanken. Ich freue mich auf die nächste Etappe.