Zeitschrift: Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft

Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft

Band: 92 (2015)

Artikel: Stromatolithe und weitere Fossilbelege aus der Garschella-Formation am Girenspitz (Säntis)

Autor: Bolliger, Thomas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-832650

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

92. Band | Seiten 337–357 | 28 Abbildungen | 2 Tabellen | St. Gallen 2015

Stromatolithe und weitere Fossilbelege aus der Garschella-Formation am Girenspitz (Säntis)

Thomas Bolliger

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 337
Summary 337
1 Aufschlussverhältnisse, Entdeckung von Stromatolith und Biosparit 338
2 Die Garschella-Formation östlich vom Girenspitz 338
2.1 Der basale Hartgrund (‹Basis-Phosphorit-Schicht›) 338
2.2 Autochthone Stromatolithe 341
2.3 Fossilreicher Kalk mit phosphatischen Ooiden und Pisoiden 343
2.3.1 Fossilien von Wirbellosen ... 344
2.3.2 Wirbeltierreste 349
2.4 Grünsandsteine (Aubrig-Schichten) 351
2.5 Kamm-Bank (‹Turrilitenschichten›) 351
3 Profilvergleiche 352
4 Synthese der Lebens-und Ablagerungsbedingungen 353
5 Schlussfolgerungen, Ausblick 355
Dank 356
Literaturverzeichnis 357

Zusammenfassung

In einer Runse östlich vom Girenspitz (Säntis-Nord), oberhalb vom Blauschnee, zieht die Garschella-Formation (Untere Kreide) als dünnes Band nach Osten hinunter. Diese Runse oberhalb von 2300 m Meereshöhe ist erst in jüngerer Zeit bis zum Spätsommer gänzlich frei von Schnee und kann detailliert untersucht werden. Es wurden dort lokal Stromatolithe (fossile Biomatten) und darüber ein spezielles Sedimentvorkommen mit interessantem Fossilinhalt entdeckt. Die Fossilien und deren Erhaltung lassen erste Rückschlüsse auf die Umgebungsbedingungen und deren Veränderungen sowie den zeitlichen Rahmen zu.

Summary

A rain water rill is forming an outcrop in the Garschella-Formation (Lower Cretaceous) east of Girenspitz (North Säntis) above the Blauschnee, from where this rill continues down eastwards. Only in recent years at 2300 m above sea level and higher up, this rill became completely snowless by late summer and could be studied in detail. Local stromatolites (fossil microbial mats) and an overlying unique local sediment layer with an interes-

Dr. sc. nat. Thomas Bolliger, Sauriermuseum Aathal, Zürichstrasse 69, CH-8607 Aathal

ting fossil content were discovered. The fossils and their preservation give a first conclusion concerning the environmental conditions and their change in time.

1 Aufschlussverhältnisse, Entdeckung von Stromatolith und biosparitischem Kalk

Der Autor war in den letzten Jahren regelmässig am Säntis unterwegs, wobei vornehmlich die Garschella-Formation im Fokus stand. Schon seit geraumer Zeit waren ihm östlich vom Girenspitz im Gebiet des Blauschnees die Hartgrundbildung über dem Schrattenkalk und die unmittelbar darauf folgenden grobkörnigen Grünsande mit Haizahnresten bekannt. Der Girenspitz (2448 m ü. M.) ist der nördliche Nebengipfel des Säntis (Abbildung 1). Im Sommer 2010 war die Runse oberhalb vom Blauschnee so weit ausgeapert, dass ein Erklettern machbar wurde. Dabei wurden besondere Sediment-Lagerungsverhältnisse und Stromatolithe (fossile Biomatten) vorgefunden, sowie ein spezielles Fossilvorkommen in dem dort aufgeschlossenen lokalen biosparitischen Kalk (grainstone) (Koordinaten ca. 744'075/235'180/2360 m ü. M.). In der Folge wurden 2011 und 2012 weitere Begehungen, Studien und Fossilaufsammlungen unternommen und das Bild der geologischen Situation weiter vervollständigt. Die Runse blieb 2012 bis Anfang Oktober praktisch schneefrei (Abbildung 2). Leider war 2013 das Blauschneegebiet hingegen bereits Anfang September stark eingeschneit und es bleibt fraglich, ob die teils im Vollschatten liegende Runse mit den Garschella-Aufschlüssen im oberen Bereich im Jahr 2013 überhaupt ganz schneefrei geworden war.

2 Die Garschella-Formation östlich vom Girenspitz

Auffällig ist die geringe Mächtigkeit der gesamten Garschella-Formation am Säntis und am Girenspitz, was besonders durch eine grosse Schichtlücke bedingt ist. Gemäss OUWEHAND (1987: Fig. 2.3–4 und S. 63–66) fehlt der untere Teil der Garschella-Formation, die hier mit der ‹Basis-Phosphorit-Schicht› im ‹späten Mittel-Albian bis frühen Spät-Albian› einsetzt. Ähnliche Verhältnisse wie am Säntis finden sich nach HERB (1962: S. 23) u.a. bei Fli (Weesen am Walensee). Andernorts im Helvetikum wurden zu jener Zeit die Sedimente des Brisi-Members und unteren Selun-Members (Sellamatt-Schichten) abgelagert (OUWEHAND 1987). Eine kurze Zusammenfassung zur Garschella-Formation im Säntisgebiet findet sich bei FUNK et al. (2000: S. 12). Die heute und früher gebräuchlichen Schicht- und Formationsbezeichnungen finden sich in der Onlineversion des Lithostratigraphischen Lexikons der Schweiz, Helvetikum; www.geologieportal.ch/.

Am Girenspitz sind Sedimente der Basis-Phosphorit-Schicht, Äquivalente der Wannenalp-Schichten, der Aubrig-Schichten und der Kamm-Bank erhalten, wie nachfolgend erläutert.

2.1 Der basale Hartgrund (‹Basis-Phosphorit-Schicht›)

Im nördlichen Säntisgebiet folgt über dem Schrattenkalk generell ein ‹basaler Hartgrund› (‹Basis-Phosphorit-Schicht› nach OUWEHAND 1987: S. 58). Dieser Kondensationshorizont mit Phosphoritknollen und phosphatisierten Fossilien kann altersmässig nicht mit andern, ebenfalls über dem Schrattenkalk folgenden Hartgründen südlicherer Profile korreliert werden (Luitere-Schicht). OUWEHAND (1987: S. 64) konnte das Alter des Hartgrunds bei Tierwies am Säntis eingrenzen: ‹*Zwischen den Profilen V und W* ({beide bei} *Tierwies-Säntis) wurde von K. Tschanz und H. Schäppi ein Hoplites (Hoplites) sp. der dentatus-Zone gefunden. Eigene Funde: Hamites sp., Bruchstück eines Ammoniten, 2 Brachiopoden, Belemniten, Muscheln.*› Karl Föllmi (schriftliche Mitteilung 16.1.2013) bestimmte einen von mir im ‹basalen Hartgrund› am Girenspitz beim Blauschnee ge-

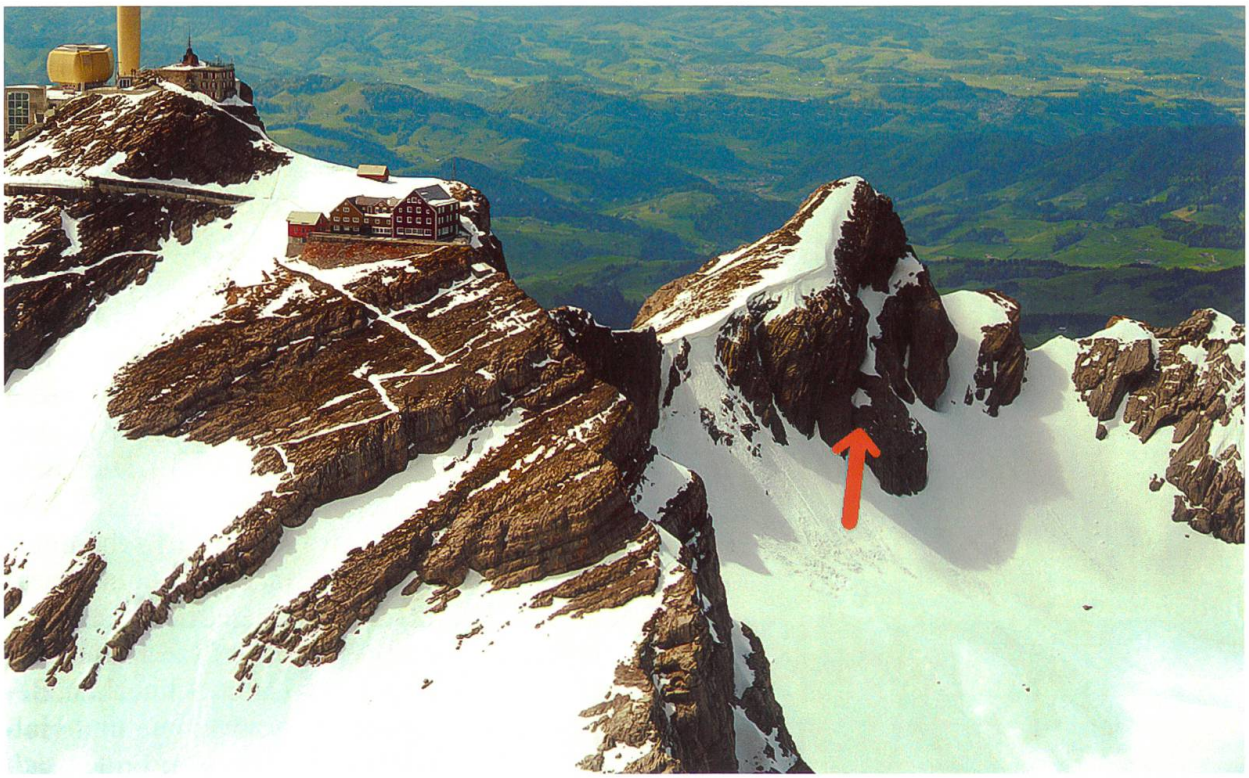

Abbildung 1:
Säntisgipfel und Girenspitz (rechts) von Südosten aus dem Hubschrauber am 10.5.2014. Sehr schön ist die enge Runse am Girenspitz zu erkennen, welche die Garschella-Formation umfasst (Pfeil).

Abbildung 2:
Der Girenspitz mit Ansicht der ‹Garschella-Runse› oberhalb Blauschnee, Anfang Oktober 2012 (Pfeil).

Abbildung 3:
Hoplites (gr. dentatus?) aus dem ‹basalen Hartgrund›, Breite des Stückes 37 mm. SBHG-CE2.

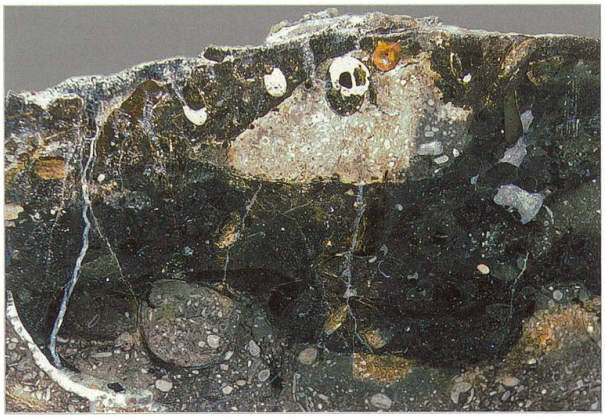

Abbildung 4:
‹Basaler Hartgrund› unterhalb Blauschnee mit Bohrmuschelloch , Muschelschalen und aufgearbeitetem Schrattenkalk-Lithoklast, sowie mehrphasiger Phosphatisierung Anschliff SBHG-DIV9, Bildbreite 70 mm.

Abbildung 5:
Anstehender ‹basaler Hartgrund› unterhalb Blauschnee mit aufgearbeitetem Stomatolithen. Durchmesser des Kameradeckels 6 cm.

fundenen Ammoniten als *Hoplites* (gr. *dentatus*?), welcher hier also ebenfalls auf die dentatus-Zone hinweist (Abbildung 3). Funde von Hopliten sind in Vorarlberg praktisch auf die dentatus-Zone (frühes Mittel-Alb) begrenzt (FÖLLMI 1989), was einem Alter von ca. 108–109 Millionen Jahren entsprechen würde (FÖLLMI et al. 2011: S. 164). Etwas weiter östlich und unterhalb des den Blauschnee auf ca. 2300 m Meereshöhe traversierenden Pfades konnte ich insbesondere grössere Terebratuliden finden (Koordinaten ca. 744'360/235'170/2280 m ü. M.). Die Dichte an gut erhaltenen Makrofossilien ist im ‹basalen Hartgrund› meist nicht sehr hoch. Die von mir im Blauschnee-Gebiet im ‹basalen Hartgrund› anstehend gefundenen Fossilien umfassen Brachiopoden (Terebratuliden, Rhynchonelliden), Muscheln, Schnecken, Belemniten, Ammoniten, Schwämme und Haizähne. Neben Phosphoritknollen finden sich

Abbildung 6:
Senke im Gelände mit autochthonen Stromatolithen östlich vom Girenspitz oberhalb Blauschnee.

auch verbreitet phosphatische Krusten und gelegentlich Bohrgänge von Bohrmuscheln, die sogar noch Reste der Bohrmuscheln enthalten können (Abbildung 4). Eine Übersicht der Fossilnachweise aus dem basalen Hartgrund wird in Tabelle 1 gegeben.

2.2 Autochthone Stromatolithe (Biomatten)

FÖLLMI et al. (2011) haben sämtliche bis dahin bekannten Vorkommen von Stromatolithen in der Garschella-Formation der helvetischen Kreide zwischen Savoyen und Vorarlberg zusammengefasst. Es zeigt sich, dass solche fossile Biomatten im gesamten Helvetikum sporadisch immer wieder auftreten und zu unterschiedlichen Zeiten ab dem Apt bis ins Cenoman entstanden sind. Kondensation in Form einer Hartgrundbildung und Stromatolith-Vorkommen sind in der Garschella-Formation eng miteinander verknüpft. Damit sich erhaltungsfähige Biomatten bilden können, darf der Sedimenteintrag nur gering sein. FÖLLMI et al. (2011: S. 180) nehmen für die Stromatolithe der Garschella-Formation ‹poikiloaerobe, heterotrophe Mikroorganismen› als Verursacher an und schliessen Photosynthese-treibende Cyanobakterien aus. Die Präsenz von Schwefel oxidierenden Bakterien (Schwefelbakterien) wird von diesen Autoren nicht ausgeschlossen. Somit erlauben die Stromatolithe keine maximale Wassertiefen-Abschätzung. Phosphatfällungen führten zum Konservieren dieser Biomatten.

Unterhalb vom Blauschnee konnte ich im ‹basalen Hartgrund› aufgearbeitete und umgelagerte Stromatolithe nachweisen, deren Oberflächen phosphoritisiert waren (Abbildung 5). Bereits OUWEHAND (1987) hatte im Säntisgebiet bei Tierwies und am Zwinglipass in der ‹Basis-Phosphorit-Schicht› aufgearbeitete Stromatolithe nachweisen können. Ein Vorkommen von autochthonen Stromatolithen war aber bisher am Säntis unbekannt. Zwischen Girenspitz und Blauschnee (Koordinaten ca. 744'075/235'180/2360 m ü. M.) konnte der Autor in einer synsedimentären Senke (Abbildung 6) direkt über von Bohrmuscheln teilweise massiv angebohrtem Schrattenkalk und dünnem ‹basalem Hartgrund› (Abbildung 7) autochthon gewachsene Stromatolithe finden.

Sie zeigen eine runzelige Oberfläche mit kleinen domartigen Strukturen (Abbildung

Organismus	genauere Bestimmung	Vorkommen, Anzahl, Häufigkeit
Bakteria	Stromatolithe, mehrlagig, bis 5 cm dick	lokal
Porifera	Indet. (4–5 cm)	1
Bivalvia	Bohrmuscheln, 0,5 bis 4 cm	verbreitet
Bivalvia	*Biostrina cf. concentrica*, 3 cm	2
Bivalvia	Ostreidae, 2,5 cm	1
Gastropoda	Indet.1–2 cm	2
Cephalopoda	Belemnita indet., bis 5 cm	gelegentlich
Cephalopoda	*Hoplites* (gr. dentatus?)	1
Cephalopoda	Ammonit indet.	1
Brachiopoda	Terebratulidae, bis 8 ? cm	11
Brachiopoda	Rhynchonellidae, 2 cm	3
Chondrichtyes	Indet.1–2 cm	2

Tabelle 1:
Übersicht der Fossilnachweise aus dem ‹basalen Hartgrund› der Garschella-Formation östlich vom Girenspitz am Säntis

Abbildung 7:
Grosse Bohrmuschellöcher (über 30 mm lang) im Schrattenkalk; Hartgrund unter Stromatolith, Girenspitz oberhalb Blauschnee, SBHG-BIV4.

Abbildung 8:
Planare Stromatolithe mit kleinen Domstrukturen (fossile Biomatten), anstehend oberhalb Blauschnee (Kameradeckel 60 mm).

Abbildung 9:
Mehrphasiges Wachstum der Biomatten im Anschliff. Girenspitz oberhalb Blauschnee. SBHG-BIO1, Bildbreite 105 mm.

8). Der Anschliff in Wachstumsrichtung zeigt einen mehrphasigen Aufbau (Abbildung 9). Dieser entspricht dem LLH-Typus, das sind seitlich miteinander verzahnte halbkugelförmige Stromatolithe, nach LOGAN et al. (1964). Kalzitische Zwischenschichten deuten auf spätere Zementation von Lösungs- oder Schrumpfungshohlräumen hin. Am Girenspitz ist die Oberfläche des Schrattenkalks teils stark von Bohrmuscheln angebohrt und auch die ersten Stromatolith-Lagen zeigen noch Anbohrungen, die jedoch deutlich kleiner sind, die darüber liegenden Biomatten blieben schliesslich unberührt. Bereits unmittelbar östlich der Senke findet sich nur noch ‹basaler Hartgrund› ohne Stromatolithe.

Am Girenspitz blieben zusammenhängende Biomatten also überwiegend in dieser lokalen Senke erhalten, während sie auf der übrigen Schrattenkalk-Oberfläche meist erodiert und umgelagert wurden oder sich hier gar nicht flächig ausgebildet hatten. Ein weiteres, kleineres Vorkommen autochthoner Biomatten konnte ich im Herbst 2014 nördlich von Girenspitz nachweisen. Leider ist nicht ganz klar, ob die Senke des grösseren Vorkommens primär erosiv oder tektonisch gebildet wurde. Kreidezeitliche tektonische Bewegungen im Top des Schrattenkalkes wurden von GREBER & FÖLLMI (1988) im Churfistengebiet beschrieben. In jedem Fall wurden die Ränder der Senke am Girenspitz sekundär auch noch alpintektonisch bewegt, wie Anschliffe durch diese Zone zeigen (Abbildung 10). Auch die hangenden Schichten wurden davon betroffen.

2.3 Fossilreicher Kalk mit phosphatischen Ooiden und Pisoiden (‹Girenspitz-Kalk›)

Während der ‹basale Hartgrund› am Säntis soweit beobachtet meist direkt von kalkigmergeligen Grünsanden überlagert wird, ist die lokale ‹Senke› der oberen Blauschneerunse am Girenspitz zunächst von planaren Stromatolithen bedeckt und darüber von einem an Fossiltrümmern reichen Kalk gefüllt (Biosparit oder Pseudosparit, teils auch Biomikrit), den ich in der Folge ‹Girenspitz-Kalk›

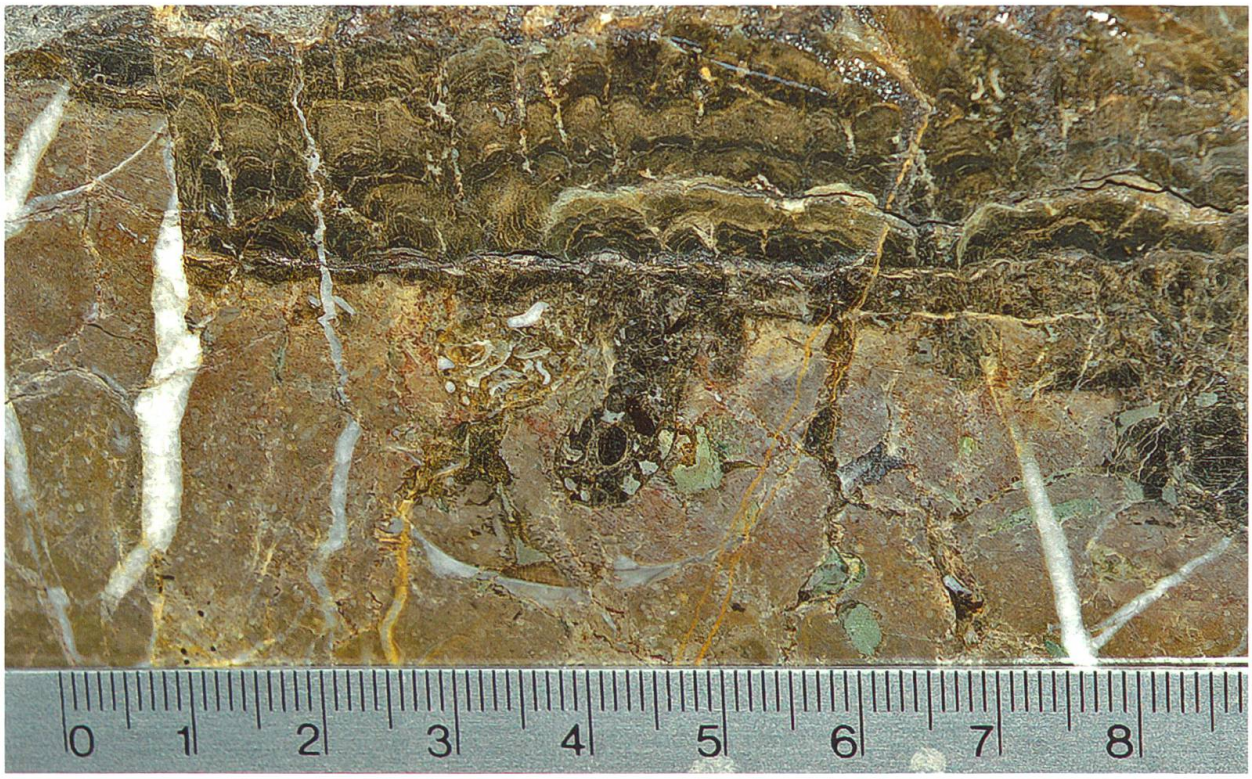

Abbildung 10:
Alpintektonische Klüfte mit Kalzit (am linken Rand der Stromatolithe) und ein ausgefüllter Bohrgang. Girenspitz oberhalb Blauschnee. SBHG-BIO2, Bildbreite 90 mm.

nenne. Auffällig ist in letzterem der Reichtum an phosphatischen Kügelchen von 0,5–4 mm Grösse (Abbildung 11). Die kleineren Ooide und grösseren Pisoide sind oft konzentrisch aufgebaut und um einen Fossilkern gewachsen (Fossiltrümmer, Otolithe, Foraminiferen). Eine detaillierte chemische Analyse steht noch aus. Reste von Fossilien im Zentimeterbereich zeugen von einer artenreichen Bodenfauna mit etwas besserer Durchlüftung (Orbitolinen, Einzelkorallen, Muscheln, Schnecken, Seeigel, Krebse). Im Meer darüber tummelten sich Belemniten, Ammoniten, Nautiliden, freischwimmende Seelilien, sowie Knorpel- und Knochenfische. Hartteile all dieser Organismenreste sammelten sich in der Einsenkung am Girenspitz, während sie andernorts mehrheitlich von der Strömung weiter transportiert, mehrfach umgelagert und zerrieben oder aufgelöst wurden. Möglicherweise wurden einige der in der Senke vorgefundenen Fossilreste aus noch flacheren Meeresbereichen hierher eingeschwemmt, worauf die zahlreichen zerkleinerten Muschel- und Seeigelreste sowie ein Korallenstockfragment hindeuten.

Ein *Hysteroceras* (*H.* cf. *varicosum*) aus dem ‹Girenspitz-Kalk› indiziert höheres Alb (Schriftliche Mitteilung und Bestimmung K. Föllmi 16.1.2013). Die Gattung *Hysteroceras* wurde bisher nur aus den Wannenalp-Schichten beschrieben (OUWEHAND 1987, FÖLLMI 1989), die in das frühere Spät-Alb gestellt werden (Inflatum-Zone, 101–103 Millionen Jahre nach FÖLLMI et al. 2006: S. 3).

2.3.1 Fossilien von Wirbellosen (*Tab. 2*)

Durch die verbreitete Phosphatisierung von Organismenresten im lokalen ‹Girenspitz-Kalk› lassen sich diese nicht nur im Anschliff betrachten, sondern auch oft durch vorsich-

Organismengruppe	genauere Bestimmung	Vorkommen, Häufigkeit
Foraminiferen	Indet., benthisch, um 1 mm	gelegentlich
	Orbitolinen, bis 6 mm, flach	häufig
	Orbitolinen, bis 2 mm, spitz	gelegentlich
	Indet., planktisch, unter 1 mm	gelegentlich, ev. häufiger (sehr klein)
Foraminifere (?)	Klein, gekammert, wurmartig aufsitzend mit einer Pore, 1-3 mm, auf Phosphatkrusten	häufig
Schwämme	Wurmartig aufsitzend, mit Siebplatte, 5-10 mm, auf Phosphatkrusten	gelegentlich
Korallen	Einzelkorallen	häufig
	Korallenstöcke	1
Borstenwürmer	Serpuliden glattschalig	gelegentlich
	Serpuliden gestreift	selten
Muscheln	Nuculidae? Divers, konzentrisch gestreifte Schalen	häufig
	Ostreidae?, kleine Austern z.T. auf Pectinidae	gelegentlich
	Limidae, Pectinidae indet.	gelegentlich
	Biostrina cf. *concentrica*	gelegentlich
Schnecken	Indet. über 1 cm, 3 Einzelstücke	selten
	Naticiformes, 1–3 mm	häufig
	Trochiformes, 1-2mm, mit Schalenornamenten	häufig
	Indet, 1–2 mm, schlanke nadelige Schnecken	selten
Krebse	Scherenspitzen 2-3 mm	selten
	Ostrakoden bis 1 mm	selten
Stachelhäuter	Reguläre Seeigel (Cidaridae), Stacheln, Plattenteile	gelegentlich
	Irreguläre Seeigel, Stacheln, Plattenteile	gelegentlich
	Seesterne; Armrandplatten	gelegentlich
	Roveacriniden, ca. 3 Gattungen (*Discocrinus*, *Orthogonocrinus*, *Styracocrinus*)	häufig
Kopffüsser	Belemnita indet, kleine schlanke Formen	häufig
	Nautilida indet . (*Eutrephoceras*?)	selten
	Hamites sp.	gelegentlich
	Hysteroceras cf. *varicosum*	selten
	Ammoniten indet., Schalenreste	gelegentlich
Haie	*Carcharias* sp.	häufig
	Cretolamna appendiculata	gelegentlich
	Eoptolamna sp.	selten
	Anomotodon sp.	gelegentlich
	Johnlongia sp.	selten
	? *Sphenodus* sp.	gelegentlich
	Heterodontus sp.	selten
	Synechodus sp.	selten
	Scyliorhinide indet.	selten
	Odontaspididae indet.	gelegentlich
Knochenfische	? Amiidae (Melvius?), ? Caturidae	häufig
	? Ichthyodectyformes, ? Pachyrhizodontiformes	gelegentlich
	Otolithen div. indet.	häufig

Tabelle 2:
Übersicht der Fossilnachweise aus dem lokalen ‹Girenspitz-Kalk› der Garschella-Formation am Girenspitz oberhalb Blauschnee

Abbildung 11:
Phosphatische Ooide, Korngrössen um 1mm. Ätzrückstand (Ameisensäure) aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee.

Abbildung 12:
Phosphatumkrustete Otolithen, um 3 mm. Ätzrückstand (Ameisensäure) aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee.

tiges Ätzen mit gepufferter Ameisensäure dreidimensional gewinnen. Teilweise sind Kleinfossilien nicht nur oberflächlich phosphatisiert sondern weisen auch phosphatische Steinkerne auf (z.B. Schnecken, Korallen: Abbildung 13). Bei andern sind die inneren Hohlräume kalzitisch ausgefüllt (Orbitolinen, Nautiliden). Grössere Muschel- und Ammonitenreste liegen in der Regel höchstens oberflächlich leicht phosphatisiert vor, meist jedoch mit (sekundär) kalzitisch veränderter Schale. Die zahlreichen und kleinen Belemnitenreste weisen wie viele der kleinen Muschel- und Schneckenreste eine deutliche phosphatische Kruste auf, sie sind aber darunter noch im ursprünglichen radialstrahligen Kalzit erhalten. Echinodermenreste sind ebenfalls meist oberflächlich phosphatverkrustet, teilweise sind aber auch ursprüngliche Hohlräume phosphatisiert. Oftmals bleibt beim Ätzen das mutmasslich ursprüngliche Einkristall-Gitter bestehen. Speziell ist dabei der Fund eines winzigen, knapp 1,5 mm messenden juvenilen Gehäuses eines regulären Seeigels (Abbildung 14) aus dem Säure-Ätzrückstand. In welcher chemischen Form diese Echinodermenreste vorliegen soll zu einem späteren Zeitpunkt noch abgeklärt werden. Die meisten Fossilnachweise bewegen sich grössenmässig zwischen wenigen Millimetern bis um einen Zentimeter. Schnecken im mm-Bereich sind häufig und phosphatisiert teils sogar mit Ornamenten erhalten (Abbildung 15). Makroskopisch erkennbare Schneckenfunde sind dagegen selten. Ganze Muscheln von 5–10 mm sind relativ häufig, seltener bis wenige Zentimeter Grösse. Grössere Ammonitenreste von mehreren Zentimetern sind nur sehr selten zu finden.

Unter den Foraminiferen sind Orbitolinen und andere benthische Foraminiferen häufig. Bei letzteren sind die Kammern oft phosphatisch oder glaukonitisch ausgefüllt. Bei den Orbitolinen ist nur das agglutinierte Schalenmaterial phosphatisch oder allenfalls leicht kieselig (?) erhalten, die Kammerausfüllungen dagegen kalkig. In den Kernen von zahlreichen Phosphatkügelchen liegen auch planktonische Foraminiferen vor, deren genauere Bestimmung eventuell im Dünnschliff möglich ist. Ob es sich bei den häufigen und wurmförmigen, auf andern Fossilien aufgewachsenen Organismenresten um Foraminiferen (Placopsinella?) handelt, konnte noch nicht abschliessend geklärt werden. Ähnliche aber deutlich grössere Objekte weisen am meist freien Wachstumsende eine ‹Siebplatte› auf. Es dürfte sich bei ihnen um

Abbildung 13:
Phosphatisierter Steinkern einer Einzelkoralle, 4,5 mm. Ätzrückstand (Ameisensäure) aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke unterhalb dem Girenspitz. SB-DIV9.

Abbildung 14:
Gehäuse eines winzigen regulären Seeigels, Mundseite, 1,5 mm. Ätzrückstand (Ameisensäure) aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke unterhalb dem Girenspitz. SB-ECH1.

Abbildung 15:
Kleine spindelförmige Schnecke mit Mündung und skulpturiertem Gehäuse, 2 mm. Ätzrückstand (Ameisensäure) aus dem ‹GirenspitzKalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee. SB-GP3.

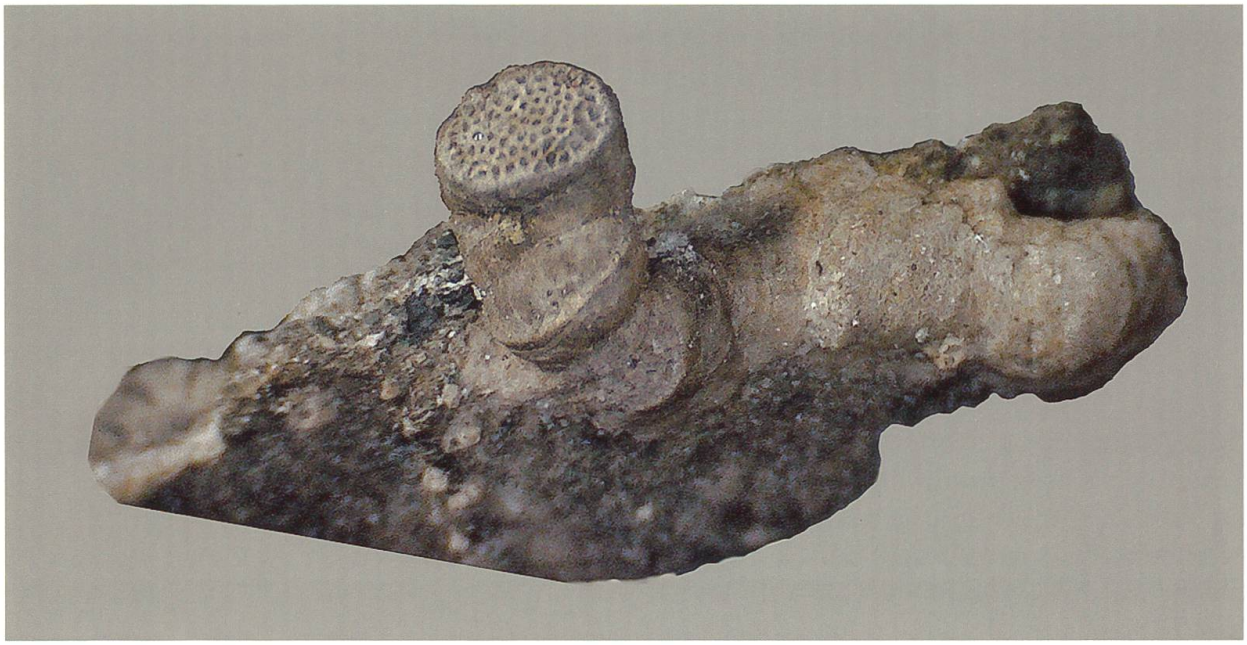

Abbildung 16:
Mutmasslicher Schwammrest, 11 mm. Ätzrückstand (Ameisensäure) aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee. SB-DIV10.

Abbildung 17:
Rest eines Korallenstocks, 30 mm, aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee. SB-DIV1.

Abbildung 18:
Spitze einer Krebsschere, 4 mm. Ätzrückstand (Ameisensäure) aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee. SB-DIV11.

kleine Schwämme handeln (Abbildung 16). Unter den Korallen sind kleine Einzelkorallen häufig. Nur ein einziger Nachweis eines kleinen Korallenstockfragmentes konnte gemacht werden (Abbildung 17). Auffällig ist das Fehlen von Brachiopoden, welche im basalen Hartgrund noch ein wesentliches Faunenelement bilden. Echinodermen sind insbesondere durch reguläre und irreguläre Seeigelreste häufig nachgewiesen, was von Hans Hess, Binningen (schriftliche Mitteilung 4.1.2014 und 9.1.2014) bestätigt werden konnte. Weiter identifizierte Hans Hess kaum

Abbildung 19:
Handstück angeschliffen, mit Korallen- und Nautilidenrest (55 mm). Aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee. Kammerausfüllungen des Nautiliden z.T. phosphatisiert. SB-CE3a.

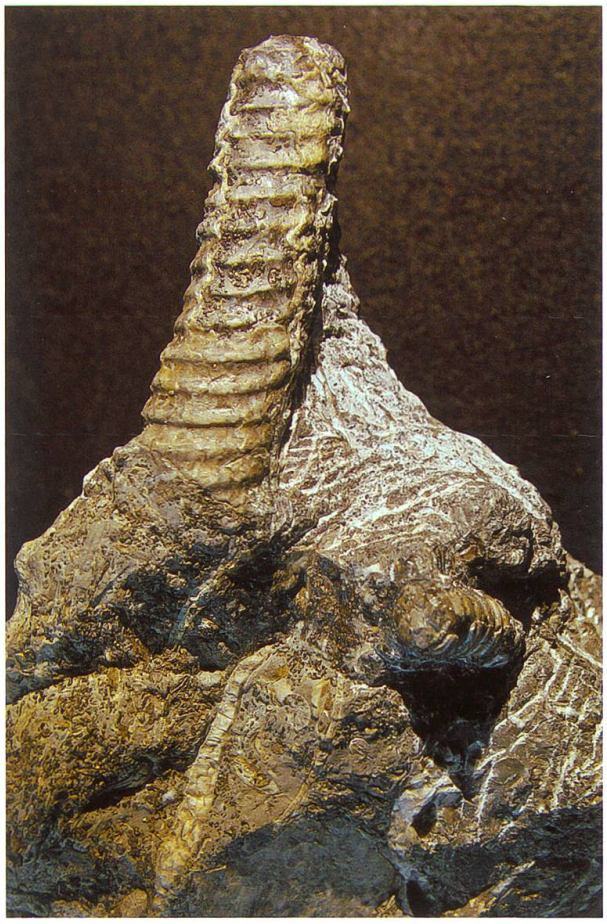

Abbildung 20:
Gestreckter Ammonit *Hamites* sp. in Schalenerhaltung, 60 mm. Aus dem ‹Girenspitz-Kalk›. SB-CE2.

Abbildung 21:
Hysteroceras cf. *varicosum*, 23 mm, ein Leitammonit für das jüngere Alb aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee. SB-CE1.

Abbildung 22:
Zahn des Sandhais *Carcharias*, 9 mm. Aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee. SB-SK23.

näher bestimmbare Reste von Seesternen. Am Interessantesten erwiesen sich aber die zahlreichen Kelche und weiteren Reste von pelagischen Seelilien (Roveacriniden), bei denen er mutmasslich drei Gattungen ausmacht: *Discocrinus*, *Orthogonocrinus* und *Styracocrinus*. Genauere Studien dazu stehen noch aus. Muscheln sind besonders in der Grössenordnung 5 mm bis wenige cm recht häufig. Während die kleinen an Nuculiden und Verwandte erinnern, sind es bei den grösseren Muscheln v.a. Austern, Pectiniden und Inoceramen. Grössere Schneckenreste sind sehr selten, im Millimeterbereich sind sie hingegen sehr häufig. Sie sind teils mit Ornamenten erhalten und zeigen einige Variabilität. Krebse konnten durch das seltene Vorkommen einzelner, nicht näher bestimmbarer Scherenspitzen belegt werden (Abbildung 18), sodann durch Ostrakoden. Die Kopffüsser sind durch Belemnitenreste gut belegt. Diese sind allesamt klein, fragmentarisch und phosphatisch umkrustet. Ein einzelner Nautilide wurde zufälligerweise in einem Gesteinsanschnitt gefunden (Abbildung 19). Er zeigt eine kalzitisch erhaltene Schale und teilweise mit phosphatreichem Sediment ausgefüllte Kammern. Die Ammonitenreste liegen ebenfalls in Schalenerhaltung vor. Bei ihnen besteht die Ausfüllung aus Kalzit oder mikritischem Sediment (Abbildung 20, *Hamites*, 6 cm in Schalenerhaltung), oder einzelne Kammerausfüllung sind teilweise phosphatisiert. Ein weiterer schöner, ursprünglich in Schalenerhaltung vorliegender Ammonit konnte nur als Steinkern präpariert werden. Es handelt sich um den bereits unter 2.3. erwähnten *Hysteroceras* cf. *varicosum* (Abbildung 21).

2.3.2 Wirbeltierreste *(Tab. 2)*

Haizähne und Knochenfischreste (Zähne, phosphatisierte Otolithen, Wirbelchen) sind sehr zahlreich, sowohl im phosphatische Pisoide enthaltenden Girenspitz-Kalk, als auch noch im unmittelbar darüber liegenden, kalkärmeren grobsandigeren Grünsandstein. Makroskopisch konnten zahlreiche, bis über 1 cm grosse Haizähne gefunden werden. Im Ätzrückstand fanden sich auch kleine Haizähne, sowie Wirbel, Kieferreste und Zähne von Knochenfischen. Bei sämtlichen Wirbeltierfossilien konnten auch solche mit phosphatischen Krusten gefunden werden. Sie sind

Abbildung 23:
Zahn eines ausgestorbenen Makrelenhais, *Cretolamna appendiculata*, 16 mm. Aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee. SB-SK33.

Abbildung 24:
Zahn eines weiteren ausgestorbenen Makrelenhais, *Eoptolamna*, 5 mm. Ätzrückstand (Ameisensäure) aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee. SB-SK2.

Abbildung 25:
Zahn eines Raubfisches (Amiiformes, Bogenflosser), ev. *Melvius* oder ein Caturidae, 3,3 mm. Ätzrückstand (Ameisensäure) aus dem ‹Girenspitz-Kalk› der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee. SB-W2.

dann oft nicht sofort als Fossilreste erkennbar.

Bei den Haizähnen zeigt sich eine relativ hohe Diversität, wie sie für diesen Zeitabschnitt in der Schweiz noch nicht beschrieben wurde. Verbreitet fanden sich Sandhaie (Odontaspididae, *Carcharias*, Abbildung 22) und verschiedene andere lamniforme Haie wie *Cretolamna appendiculata* (Abbildung 23) oder *Eoptolamna* (Abbildung 24). Nachweise von *Heterodontus*, *Johnlongia* und weiteren Gattungen sind besonders interessant und sind teilweise Erstnachweise in der Schweiz. Hier bedarf es weiteren Materials und detaillierte Studien. Eine Dominanz der lamniformen Haie ist auffällig und typisch für die Zeit, Rochen fanden sich bisher nicht. Die kleinen Zähne sind entweder Mundwinkelzähne oder Kleinformen lamniformer Haie und nur selten echte Kleinformen (z.B. Katzenhaie, *Scyliorhinidae*). Die erste Sichtung und Bestimmung der Haizahnreste erfolgte durch René Kindlimann, Aathal.

Bei den Knochenfischen ist das verbreitete bis häufige Vorkommen von oberflächlich phosphatisierten Otolithen bemerkenswert (Abbildung 12). Otholitenvorkommen sind in der unteren Oberkreide nicht häufig. Toni Bürgin, St. Gallen (schriftliche Mitteilung 6.1.2014) hat die Bestimmung als Fisch-Otolithen bestätigt. Bettina Reichenbacher, Otolithenspezialistin für das Neogen und Paläogen in München (schriftliche Mitteilung 21.1.2014) wollte sich aufgrund der schlechten Erhaltung nicht näher auf Bestimmungen einlassen. Von Knochenfischen fanden sich zahlreiche Zähnchen von mutmasslich einer einzigen Art eines Raubfisches mit pfeilförmiger Zahnkrone und langem Wurzelschaft. Steve Cumbaa von Ottawa (schriftliche Mitteilung 8.1.2014) identifizierte diese mit Vorbehalt als Zahnreste von Amiiden (*Melvius?*) oder Caturiden (Abbildung 25). Toni Bürgin (schriftliche Mitteilung 6.1.2014) verwies bei den Wirbeln und den wenigen winzigen Kieferleisten auf eine mögliche Zugehörigkeit zu Ichthyodectiformes oder Pachyrhizodontiformes.

Ein einzelner Zahnstumpf stammt vermutlich von einem aquatischen Reptil. Der bikonvexe Zahnaufbau zeigt beidseitig scharfe, ungezähnelte Schneidekanten und einen dünnen, glatten Zahnschmelz.

2.4 Grünsandsteine (Aubrig-Schichten)

Die biosparitischen Kalke von Blauschnee gehen ohne scharfe Grenze, in glaukonitreiche mergelig-kalkige Sandsteine über, wie sie andernorts am Säntis direkt über dem basalen Hartgrund folgen (OUWEHAND 1987). Dieser Autor beschreibt darin ‹Biostrinenfragmente› womit er sich auf die Inoceramen-verwandte Muschelgattung *Biostrina* bezieht. Die Muschel *Biostrina sulcata* und der Ammonit *Hysteroceras* (*H. orbignyi?*) würden gemäss diesem Autor auf die *Inflatum*-Zone hinweisen (101–106 Ma). Auffällig ist, dass auch in der basalen Grünsandsteinlage zunächst noch verschiedentlich schlecht erkennbare, phosphoritisch umkrustete Otolithen auftreten. Phospatisierte Einzelkorallen, Belemniten und Haizähne finden sich auch hier weiterhin, während andere Fossilien zunehmend fehlen. Der Glaukonitgehalt nimmt stark zu, ebenso gibt es nun vermehrt Pyrit, gelegentlich in bis zu mehrere cm grossen Knollen. OUWEHAND (1987: S.63) berichtet dazu von Tierwies-Säntis: ‹Darüber {über der Basis-Phosphoritschicht} folgt eine 2 dm mächtige, an groben Glaukoniten-reiche (bis 0,5 mm) Sandsteinlage mit Birostrinenfragmenten. Die Kornverteilung ist bimodal. Es schliesst eine Wechsellagerung aus mergeligen Siltsteinlagen und Hedbergellen-führenden Pseudospariten an. Die karbonatreicheren Bänke sind oft in Knollen aufgelöst.› Ferner führt OUWEHAND (1987: S. 64) von hier an: ‹Sowohl im Profil V wie W {Tierwies-Säntis} wurden in der sehr glaukonitreichen Bank direkt über der Basis-Phosphorit-Schicht vollständig glaukonitisierte planktonische Foraminiferen gefunden. Trotz der glaukonitischen Erhaltung können sie *Rotalipora subticinensis*, *R. ticinensis*, *Praeglobotrunca delrionesis* und *P. stephani* zugeordnet werden. Daraus folgt für diese Bank ein spätes Mittelalbian- bis frühes Spätalbian-Alter.› Dieses Schichtpaket ist maximal 30–40 cm mächtig und wird gegen oben rasch feinsandig. Die darauf folgenden feinkörnigen Grünsande sind flaserig geschichtet und führen teilweise Kalkknollen, Makrofossilien sind selten. Ein Chimären-Gebissrest (*Edaphodon*?, Bestimmung René Kindlimann, Aathal) und ein weiterer unbestimmter Wirbeltierrest sind seltene Ausnahmen von der Basis der feinsandigen Grünsandsteine. Beim Ätzen dieses Sediments fanden sich jedoch verschiedentlich schlecht erhaltene Reste kleiner Haizähnchen. Diese feinsandigen Grünsande könnten noch weiter der Inflatum-Zone angehören. Die darüber folgenden Lagen wechsellagern mit kalkig-knolligen Bänken. Andernorts wurden solche typischen Aubrig-Schichten mit Fossilien dem Übergangsbereich inflatum/dispar-Zone zugeordnet (OUWEHAND 1987:135); FÖLLMI et al. (2006:3) stellen sie ganz in die dispar-Zone (ca. 100–101 Millionen Jahre).

2.5 Kamm-Bank (‹Turrilitenschichten›)

Den Abschluss der Garschella-Formation bildet die Kamm-Bank (früher ‹Turrilitenschichten›). Sie geht aus den feinkörnigen knollig-lagigen Grünsandkalken der Aubrig-Schichten durch häufigere und regelmässigere Knollen und sprunghaft zunehmenden Phosphatgehalt hervor. Makrofossilreste finden sich verbreitet, vor allem phosphatische Steinkerne von Ammoniten (darunter typischer Weise auch Turriliten), Nautiliden und Schnecken. Nach oben werden die Schichten rasch kalkreicher, Glaukonit und Phosphatgehalt fallen weitgehend weg. So erfolgt ein rascher Wechsel in die Seewen-Formation, deren feinkörniger Kalk wenig Makrofossilien aber zahlreiche Foraminiferen enthält. Die Kamm-Bank wird von FÖLLMI et al. (2006:3) an die Grenze Alb-Cenoman oder ins früheste Cenoman gestellt.

Abbildung 26:
Profilansicht in der Umgebung der Geländesenke am Girenspitz oberhalb Blauschnee (Koordinaten ca. 744'075/235'180/2360 m ü. M.).

Abbildung 27:
Profilansicht im Gelände unterhalb Blauschnee (Koordinaten ca. 744'360/235'170/2280 m ü. M.). Bild zur besseren Ansicht um 90 Grad nach rechts gedreht, Hammerlänge ca. 40 cm.

3 Profilvergleiche

Das Profil von der Senke zwischen Girenspitz und Blauschnee (Abbildung 26) wird zunächst dem benachbarten Profil von unterhalb des Blauschnees (Abbildung 27) gegenüber gestellt. Sodann werden die Stromatolithenfunde mit solchen von ausgewählten Profilen des Helvetikums verglichen. Die beiden nur rund 300 m auseinander liegenden Garschella-Profile am Girenspitz vermitteln einen guten Eindruck von der geringen Mächtigkeit (lediglich 5–7 m) der gesamten Garschella-Formation im nördlichen Säntisgebiet (Abbildung 28). Im oberen Teil der Runse beim Blauschnee zeigt sich auf etwa 2360 m Meereshöhe auf einer Länge von rund etwas mehr als 6 m eine Einsenkung in der Schrattenkalkoberfläche von rund 30–50 cm. Im Bereich der Einsenkung ist der teils angebohrte Schrattenkalk von bis zu 5 cm mächtigen planaren Stromatolithen bedeckt. Darauf wird die Senke von 30–50 cm lokalem phosphatreichem biosparitischem Kalk ausgefüllt. Dieser geht allmählich in 20–40 cm mächtigen grobkörnigen mergeligen Grünsandstein der Aubrig-Schichten über, der gegen oben rasch feinkörniger und homogen bis flaserig wird. Darüber finden sich flaserige Grünsandsteine mit unterschiedlich stark kalkigen Bänken und Knollen. Sie enthalten kaum mehr Makrofossilien. Oben werden die Bänke sehr stark knollig und stellenweise ist diese als Kamm-Bankbenannte Schicht fossilreich und phosphatreich. Nach oben nehmen Phosphat- und Fossilgehalt wieder rasch ab

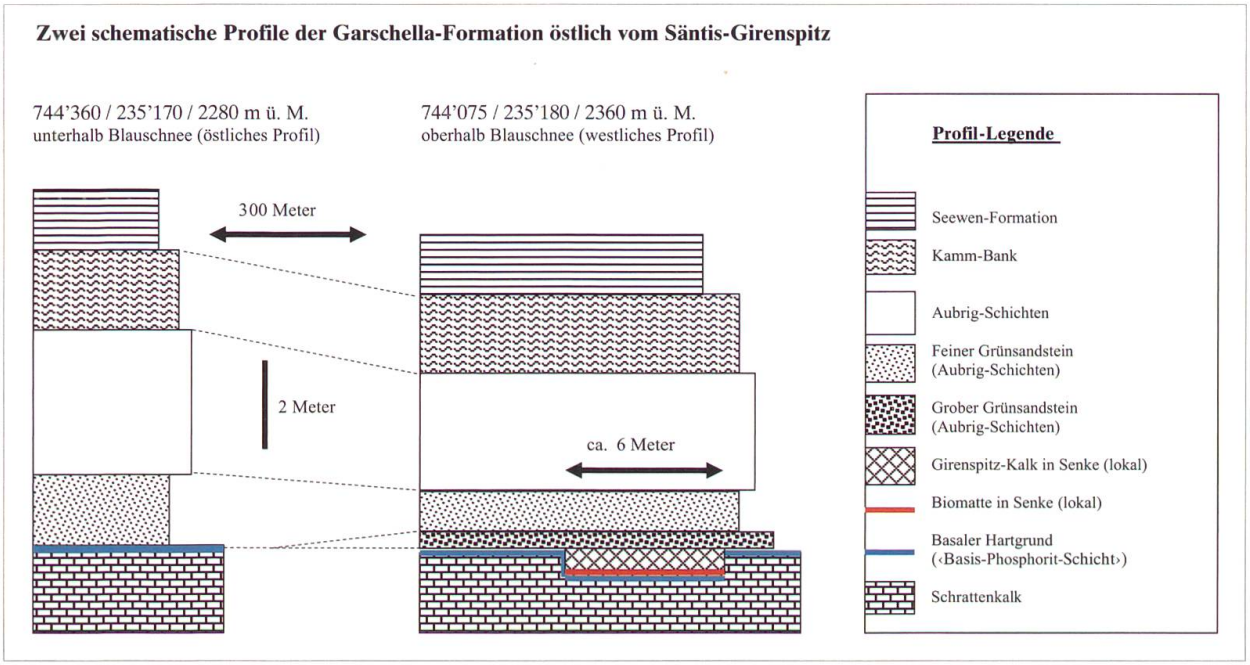

Abbildung 28:
Zwei schematische Profile der Garschella-Formation östlich des Girenspitz (Nord-Säntis). Stromatolith und ‹biosparitischer Kalk› liegen nur beim westlichen Profil in einer lokalen Senke vor. Die groben Grünsandsteine finden sich weiter verbreitet über der ‹Basis-Phosphoritschicht› auch westlich des Girenspitz im Gebiet von Tierwies.

und die Schichten gehen in hellgrauen mikritischen Kalk der Seewen-Formation über. Die Fortsetzung der Runse unterhalb des Weges, der den Blauschnee quert, ist teilweise gut aufgeschlossen. An einer Stelle zeigt sich ein Schichtversatz, der wahrscheinlich alpintektonisch entstanden sein dürfte. Nach wie vor ist die gesamte Garschella-Formation stark ausgedünnt. Auf 2280 m ü. M. lässt sich über der Basis-Phosphoritschicht direkt mittel- bis feinkörniger Grünsandstein der Aubrig-Schichten und die Kamm-Bank beobachten. Autochthone Stromatolithe, Biosparit und grobkörniger Grünsandstein fehlen hier. Ansonsten die beiden Profilabfolgen am östlichen Girenspitz ähnlich aufgebaut.

Die Stromatolithe vom Säntis ähneln etwas denen der Alp Selamatt in den Churfirsten (OUWEHAND 1987), die ich in meiner Studienzeit als Feldhilfe beim damaligen Doktoranden Pieter Ouwehand selber kennengelernt hatte. Dieses Vorkommen liegt jedoch in stratigraphisch jüngerer Position (Kamm-Bank des frühesten Cenoman). Noch ähnlicher sind die planaren Apt-Alb-zeitlichen Stromatolithe vom Combe aux Puaires im Haute-Giffre Massif (Westliches Helvetikum in Hochsavoyen, Frankreich). Auch dort kommen wie am Girenspitz (Säntis) die Biomatten unmittelbar assoziiert mit einem Kondensationshorizont vor (FÖLLMI et al. 2011: S. 173). Bilder der Stromatolithe aus dieser Region sind fast identisch mit jenen vom Girenspitz.

4 Synthese der Lebens- und Ablagerungsbedingungen

Fauneninhalt, Fossilerhaltung und Sediment geben zu Überlegungen betreffend Wassertiefe und Lebens- bzw. Ablagerungsräume Anlass. Beobachtungen heutiger und weiterer ähnlicher Bildungen lassen mit Vorbehalt am Säntis analoge Schlüsse zu. Aufgrund der Beobachtungen und Fossilauswertun-

gen der Schichtenfolge (Kapitel 2–3) kann eine hypothetische Bildungsgeschichte der Garschella-Formation am Girenspitz beim Blauschnee (Säntis) grob nachvollzogen und zusammengefasst werden (A–K):

A – Ende der Schrattenkalk-Karbonatplattform (Spät-Apt, 123 Millionen Jahre.)
Die flachmeerischen Ablagerungen des Schrattenkalks (weniger als 100 m, OUWEHAND 1987: S. 156) erfolgte kontinuierlich und wurde bald (wahrscheinlich bereits während ihrer Bildung) lithifiziert. Das Ende der Schrattenkalkbildung erfolgte gemäss FÖLLMI (2008: S. 463) synchron im gesamten helvetischen Schelfbereich vor rund 123 Millionen Jahren (mittleres Früh-Apt). Dies deutet auf ein grossräumiges Absinken dieser Karbonatplattform hin bzw. fällt mit einer globalen marinen Sauerstoffkrise zusammen (FÖLLMI 2008: S. 466).

B – Schichtlücke, Erosion (spät-Apt/früh-Alb)
Sedimente des späten Apt und des frühen Alb (Brisi-Member) fehlen am Girenspitz. Sie wurden nie abgelagert oder wurden wieder erodiert. Somit wäre dieses Gebiet über längere Zeit einer erosiven Strömung unterworfen gewesen. Vielleicht lag das Gebiet im Vergleich mit dem umgebenden Helvetikum zu jener Zeit auf einer relativen Hochzone. Die nächstjüngeren Sedimentnachweise stammen aus dem Mittel-Alb.

C – Hartgrundbildung und Biomatten (frühes Mittel-Alb, 108–109 Millionen Jahre)
Die Oberfläche des gut verfestigten Schrattenkalks lag längere Zeit am Meeresgrund exponiert. Teilweise wurde der Schrattenkalk von Bohrmuscheln und anderen Organismen korrodiert (angebohrt) und es bildeten sich lagige Phosphatkrusten. Es kam zur Hartgrundbesiedlung mit Brachiopoden etc. Die Phosphatisierung deutet auf ein Aufquellen von nährstoffreichem aber sauerstoffarmem Tiefenwasser hin. Die Meerestiefe dürfte unter 300–500 m gelegen haben. Eine längere ruhige Phase begünstigte das Wachstum von Biomatten (Stromatolithe). Auslöser für die (wiederholten) Phosphatanreicherungen in der Garschella-Formation könnte ein ‹strömungsinduziertes, dynamisches Upwelling› sein, wie von OUWEHAND (1987: S. 190) angenommen. Auch FÖLLMI et al. (2011: S. 180) vermuten, dass die Phosphatanreicherungen auf veränderte Meeresströmungen mit an die Oberfläche fliessendem Tiefenwasser (‹upwelling›) zurückzuführen sind, was längerfristig zu einer Sauerstoffkrise führte. FÖLLMI et al. (2011) stellen die Hartgründe der oberen Unter-Kreide des Helvetikums in ‹eher tiefere Wasserzonen›. FISCHER (1990) hingegen betrachtet Bohrmuscheln generell als Indikatoren des flacheren Wassers. An weiteren Bodenbewohnern sind lediglich Brachiopoden, Muscheln, Schnecken und seltene Einzelkorallen und Schwämme zu beobachten. Belemniten und Ammoniten wiesen auf offenmarine und eher tiefere Verhältnisse hin. Nach ARNIG et al. (2008) und ARNIG et al. (2009) bildeten sich in jüngster Zeit vor der Küste von Lima unter klassischen Upwelling-Konditionen Phosphatkrusten bevorzugt in Wassertiefen unter 400 m. Gemäss diesen Autoren ist die Phosphatherkunft und die Rolle von Mikroorganismen bei der Bildung von Phosphatlagerstätten noch wenig bekannt. In den phospatischen laminierten Krusten vor Peru fanden diese Autoren reichlich Schwermetalle sowie Schwefelisotopen-Signaturen, die hier auf Sulfat reduzierende Bakterien hinweisen. Ähnliches könnte teilweise auch für den ‹basalen Hartgrund› am Säntis zutreffen.

D – Aufarbeitung, Umlagerung, synsedimentäre Tektonik (spätes Mittel-Alb?)
Starke Strömungen lagerten autochthone Organismenreste, Phosphatkrusten und Biomatten um. Autochthone Stromatolithe blieben lediglich in geschützten Senken erhalten, die sich in dieser Zeit wahrscheinlich durch leichte tektonische Bewegungen, welche einzelne Schrattenkalkbereiche lokal etwas einsinken liessen, gebildet hatten. Es kam zu weiterer Phosphatisierung.

E – Bioklasten, Kalk und Phosphat als Äquivalente der Wannenalp-Schichten (frühes Spät-Alb, 101–103 Millionen Jahre)
Konzentrisch aufgebaute pisolithische Phosphatbildungen sind in dem am Girenspitz lokal erhaltenen biosparitischen Kalk häufig und typisch. Auch viele Bioklasten wurden um- und abgelagert und teilweise von Phosphaten umkrustet. Eine reiche Bodenfauna deutet eine bessere Durchlüftung an, die pelagische Fauna deutet auf weiterhin nährstoffreiches Gewässer. Vergleichbare mehrphasig aufgebaute phosphatische Pisoide und phosphatumkrustete Organismenreste haben ARNIG et. al (2009) aus der Neuzeit vor der Küste Perus beschrieben. Diese Bildungen weisen dort auf ein starkes Upwelling nährstoffreichen Tiefenwassers hin. Vor Lima finden sie sich in 200–500m Wassertiefe in einer energiereichen Zone. ARNIG et al. (2009) vermuten jedoch, dass die phosphatischen Pisoide vor der Küste Perus ursprünglich in noch deutlich flacherem Wasser gebildet wurden. Die äquivalenten Ablagerungen am Girenspitz wurden ebenfalls in einer energiereichen Zone gebildet, mutmasslich ebenfalls in flacherem Wasser um 200 m Tiefe.

F – Grobkörnigerer Glaukonit-Grünsand der unteren Aubrig-Schichten (frühes Spät-Alb)
Zunehmend gelangte das Gebiet in tiefere Gewässer: Kalkiger Sedimenteintrag und insbesondere aragonitische Organismenreste wurden zu grossen Teilen weggelöst. Es verblieben einige kalzitische, phosphatische und glaukonitische Reste. Es wurde verstärkt Quarzsand eingeschwemmt. OUWEHAND (1987: S. 161) vermutet die Quarzsandherkunft u. a. in der Aufarbeitungen von Barrème-zeitlichen Küstensanden (aus nördlichen Gebieten, denn im Süden war tieferes Meer).

G – Feinkörniger Glaukonit-Grünsand (Spät-Alb)
Der detritische Sedimenteintrag wurde feinkörniger. Wahrscheinlich nahm die Meerestiefe weiter zu. Phosphatbildungen kamen weitgehend zum Erliegen (mutmasslich veränderte Strömungsverhältnisse). Makrofossilien sind selten. Flaserschichtung und Kalkknollen belegen stärkere Meeresströmungen und komplexe Diagenesevorgänge.

H – Obere Aubrig-Schichten (Spät-Alb, 100–101 Millionen Jahre)
Die teils bankige, teils massige sandig-kalkig-glaukonitische Abfolge ist durch eingestreute grosse, unregelmässige Kalkknollen charakterisiert. Nach FÖLLMI et al. (2006: S. 3) fallen die Aubrig-Schichten ins jüngste Alb. Spezifische Aussagen zu den Bildungsbedingungen sind schwierig zu tätigen.

J – Kamm-Bank (‹Turrilitenschichten›) (frühestes Cenoman, um 99 Millionen Jahre)
Nach und nach blieben für eine gewisse Zeit wieder mehr Fossilreste von Schnecken, Nautiliden und Ammoniten erhalten, was mit einer Zunahme der Phosphatisierung zusammenhängt und auf ein erneut verstärktes Upwelling im tieferem Wasser hinweisen dürfte. Eine charakteristische Knollenbildung verweist auf komplexe Lösungs- und Diagenesevorgänge. Gemäss OUWEHAND (1987: S. 153) stieg der Meeresspiegel zu dieser Zeit global an und erreichte zu Zeit der Ablagerung der Seewen-Formation einen Höchststand.

K – Seewen-Formation (Cenoman – frühes Turon)
Schliesslich kam die Phosphatbildung wieder zum Erliegen und der Kalkeintrag im tieferen Meer nahm zu (pelagischer Kalk der Seewen-Formation). Die Strömungsverhältnisse müssen sich grossräumig stark verändert haben und das Aufquellen von Tiefenwasser (upwelling) verschwand aus dem gesamten Gebiet, ebenso der detritische Eintrag von siltig-sandigem Material.

5 Schlussfolgerungen, Ausblick

Zusammengefasst zeigt sich: Insgesamt wurden am Girenspitz in einer Zeitspanne von

etwa 20 Millionen Jahren nur gerade 5–7 m Sediment abgelagert. Die Garschella-Formation am Girenspitz ist also stark reduziert, längere Sedimentationsunterbrüche und Umlagerungen waren von grosser Bedeutung. Grosse Teile des Apt und des frühen Alb sind hier nicht mit Sedimenten belegt. Die phosphatreichen Bildungen ab dem mittleren Alb weisen auf ein wiederholtes Aufquellen nährstoffreicher Tiefenwässer über teils längere Zeiträume hin. Heutige Upwellinggebiete sind saisonal gute Fischgründe infolge der Planktonaktivität durch an die Wasseroberfläche gelangenden nährstoffreichen Tiefenwässer. Geochemische Untersuchungen und Analysen der diversen Isotopen-Verhältnisse würden unter anderem weitere Vergleiche zu analogen heute entstehenden Bildungen erlauben. Auch verfeinerte Datierungen wären wünschenswert.

Dank

Mein Dank gebührt besonders nachfolgenden Damen und Herren für die Hilfe bei der Fossilbestimmung, für anregende Diskussionen und für geologische Informationen: Prof. Dr. Karl Föllmi (Lausanne), PD Dr. Christian Klug (Zürich), Dr. Hans Hess (Binningen), Prof. Dr. Bettina Reichenbacher (München), Dr. Toni Bürgin (St. Gallen), Dr. Steve Cumbaa (Ottawa), René Kindlimann (Aathal). Peter Siegenthaler (Aathal) hat in verdankenswerter Weise diverse Gesteinsschnitte angefertigt. Ein weiterer Dank geht an meine Frau Lorena für ihr Verständnis und ihre Unterstützung. Schliesslich danke ich auch Dr. Heinz Furrer (Zürich) für die sorgfältige Manuskriptdurchsicht, welche zu einer besseren Strukturierung verhalf.

Literaturverzeichnis

ARNING, E. T., BIRGEL, D., BRUNNER, B., LÜCKGE, A; & PECKMANN, J. (2008): Phosphorite laminites off Peru – products of microbial activity. – In: Reitner, J., Quéric, N.-V., & Reich, M. (eds): Geobiology of Stromatolithes. International Kalkowsy-Symposium, Göttingen, October 4–11, 2008. Abstract Volume and Field Guide to Excursions. S. 42.

ARNING, E. T., LÜCKGE, A., BREUER, C., GUSSONE, N., BIRGEL, D. & PECKMANN, J. (2009): Genesis of phosphorite crusts off Peru. – Marine Geology, 262, 68–81.

FISCHER, R. (1990): Paläoökologische und geologische Bedeutung fossiler Muschelbohrungen. Arbeitskreis Paläontologie Hannover, 18/1, 1–18.

FÖLLMI, K. (1989): Beschreibung neugefundener Ammonoidea aus der Vorarlberger Garschella-Formation (Aptian-Albian). – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 132/1, 105–189.

FÖLLMI, K. (2008): A synchronous, middle Early Aptian age for the demise of the Helvetic Urgonian platform related to the unfolding oceanic anoxic event 1a (‹Selli-event›). – Revue de Paléobiologie 27/2: 461–468.

FÖLLMI, K., DELAMETTE, M. & OUWEHAND, P. J. (2011): Aptian to cenomanian deeper-water hiatal stromatolites from the northern tethyan margin. – V.C. Tewari and J. Seckbach (eds.), STROMATOLITES: Interaction of Microbes with Sediments, Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology 18, 159–186

FÖLLMI, K., GODET, A., BODIN, S. & Linder, P. (2006): Interactions between environmental change and shallow water carbonate buildup along the northern Tethyan margin and their impact on the Early Cretaceous carbon isotope record. – Paleoceanography 21, 1–16.

FÖLLMI, K. B. & OUWEHAND, P. J. (1987): Garschella-Formation und Götzis-Schichten (Aptian-Coniacian): Neue stratigraphische Daten aus dem Helvetikum der Ostschvveiz und des Vorarlbergs. Eclogae geol. Helv. 80 1, 141 191.

FUNK, H.-P., HABICHT, J. K., Hantke, R. & PFIFFNER, A. (2000): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000. Erläuterungen Blatt 1115 Säntis. – Bundesamt für Wasser und Geologie, 1–61

GREBER E. & OUWEHAND, P. J. (1988): Spaltenfüllungen im Dach der schrattenkalkformation. Eclogae geol. Helv. 81 2, 373–385.

HERB, R. (1962): Geologie von Amden mit besonderer Berücksichtigung der Flyschbildungen. – Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, NF, 114. Lieferung. 1–131.

LOGAN, B. W., Rezak, R. & Ginsburg, R. N. 1964: Classification and Environmental Significance of Algal Stromatolites, – Jour. Geol., 72, 68–83.

OUWEHAND, P.J. (1987) Die Garschella-Formation (›Helvetischer Gault›, Aptian-Cenomanian) der Churfirsten-Alvier Region (Ostschweiz). – Mitt. Geol. Inst. ETH Univ. Zürich, NF 275: 296.

Internetquellen

Lithostratigraphisches Lexikon der Schweiz, Helvetikum: http://www.geologieportal.ch/internet/geologieportal/de/home/knowledge/lookup/stratdict/helveticum.html