

Die Belpberg-Schichten (Obere Meeresmolasse) in der Umgebung von Bern

Les Couches de Belpberg (Molasse marine supérieure) des environs de Berne

Urs Wegmüller

Die Belpberg-Schichten bei Bern sind rund 18 Millionen Jahre alt. Sie zeichnen sich aus durch vielfältige und artenreiche fossile Faunen, die zu den wichtigsten der Schweiz gehören. Die umfangreichen und langjährigen Forschungsarbeiten sind nun in einem Bestimmungsführer zusammengefasst worden.

Die Belpberg-Schichten (BS) erstrecken sich zwischen Sense und Emme in der Umgebung von Bern (Abb. 1) und entsprechen dem obersten Teil der Oberen Meeresmolasse (OMM – mittleres bis oberes Burdigalium). Die Südküste des Molassemeers lag zurzeit der Entstehung der Fossilager in den oberen BS, ca. beim heutigen Oberdiessbach und ca. 3,5 km südlich von Langnau.

Die BS wurden in einer Vielzahl von Publikationen seit dem 18. Jahrhundert untersucht. Im Rahmen dieser Tradition von Forschungen führte das Naturhistorische Museum der Burggemeinde Bern in den Jahren 1982 und 1983 Grabungen an den zwei bedeutendsten Fundstellen des Belpbergs, südlich von Bern, durch. Nebst Material aus bestehenden Sammlungen und von Amateursammlern legte dieses anlässlich der Grabungen geborgene Material den Grundstock für später folgende Publikationen mit den Beschreibungen der Muscheln, Schnecken, Seeigeln, Spuren, Moostierchen, Seepocken, Kalkröhrenwürmer und Krebsreste. Zudem wurden noch Haifisch-/Rochenzähne, Knorpelfischreste, Knochen von Meeressäugern, Blätter und Einzelkorallen gefunden.

Die abschliessende Auswertung der vielfältigen und artenreichen Fauna in sedimentologischer, taphonomischer, trophischer und paläoökologischer Hinsicht erfolgte 2011 in einer Publikation über die Molluskenfauna der BS. Nachstehend sind die Resultate betreffend die Analyse der Belpberg-Schichten in Kurzform dargestellt.

Analyse der Molluskenfauna

Die BS sind besonders in ihrem obersten Teil sehr fossilreich (z. B. am Belpberg selber). Die Fauna enthält in erster Linie Muscheln und Schnecken, die sehr artenreich sind. Die Molluskenfauna (Muscheln und Schnecken) zeigt von Horizont zu Horizont eine unterschiedliche Artenzusammensetzung, Vielfalt, Individuenzahl, Orientierung, Erhaltung usw. Aufgrund ihres Reichtums, ihrer Vielfalt und ihrer paläontologischen Bearbeitungen gehören die Faunen der OMM bei Bern zu den wichtigsten der Schweiz. Insgesamt wurden 91 Muschel- und 94 Schnecken-Arten beschrieben.

Bei den Muscheln sind fast ein Viertel aller Arten sehr häufig (über 60 Exemplare, = 22 Arten), bei den Schnecken nur ein Achtel (= 11 Arten). Selten und sehr selten (unter 10 Exem-

Les Couches de Belpberg près de Berne sont âgées de 18 millions d'années. Elles se caractérisent par des faunes fossiles variées et riches en espèces et comptent parmi les plus importantes de Suisse. Les vastes travaux de recherche réalisés durant de nombreuses années viennent d'être résumés dans un guide de détermination.

Les Couches de Belpberg (CB) s'étendent entre les rivières Singine et Emme dans les environs de Berne (ill. 1) et correspondent à la partie la plus élevée de la Molasse marine supérieure (OMM, Burdigalien moyen à supérieur). Au moment de la formation des gisements fossiles dans les CB, la côte sud de la mer molassique se situait approximativement près de l'Oberdiessbach d'aujourd'hui et à environ 3,5 km au sud de Langnau.

Les CB ont été étudiées dans une multitude de publications depuis le XVIII^e siècle. Dans le cadre de cette tradition de recherches, le Musée d'histoire naturelle de la Bourgeoisie de Berne a effectué des fouilles aux deux endroits les plus significatifs de Belpberg au sud de Berne en 1982 et 1983. Outre le matériel en provenance de collections existantes et de collectionneurs amateurs, ces trouvailles dégagées lors des fouilles servirent de base aux publications ultérieures qui ont suivi avec les descriptions des bivalves, gastéropodes, oursins, traces, ectoproctes, Balanidae, Serpulidae et restes de crustacés. Des dents de requins et de raies, des restes de poissons cartilagineux, des os de mammifères marins, des feuilles et des coraux isolés ont complété le tout.

L'évaluation finale de la faune variée et riche en espèces aux points de vue sédimentologique, taphonomique, trophique et paléoécologique, a suivi en 2011 dans une publication sur la faune des mollusques des CB. Les résultats des analyses des CB sont présentés ci-dessous de manière résumée.

Analyse de la faune des mollusques

Les CB sont très riches en fossiles, particulièrement dans leur partie supérieure (p. ex. à Belpberg même). La faune est composée en premier lieu de bivalves et de gastéropodes qui sont très riches en espèces. D'un horizon à l'autre, la faune des mollusques (bivalves et gastéropodes) présente des variations dans la composition des espèces, la diversité, le nombre d'individus, leur orientation, la conservation, etc. De par leur richesse, leur diversité et grâce aux travaux paléontologiques, les faunes de l'OMM près de Berne appartiennent aux plus importantes de Suisse. Au total, 91 espèces de bivalves et 94 espèces de gastéropodes ont été décrites.

Près d'un quart de toutes les espèces de bivalves sont très fréquentes (plus de 60 exemplaires, = 22 espèces), un

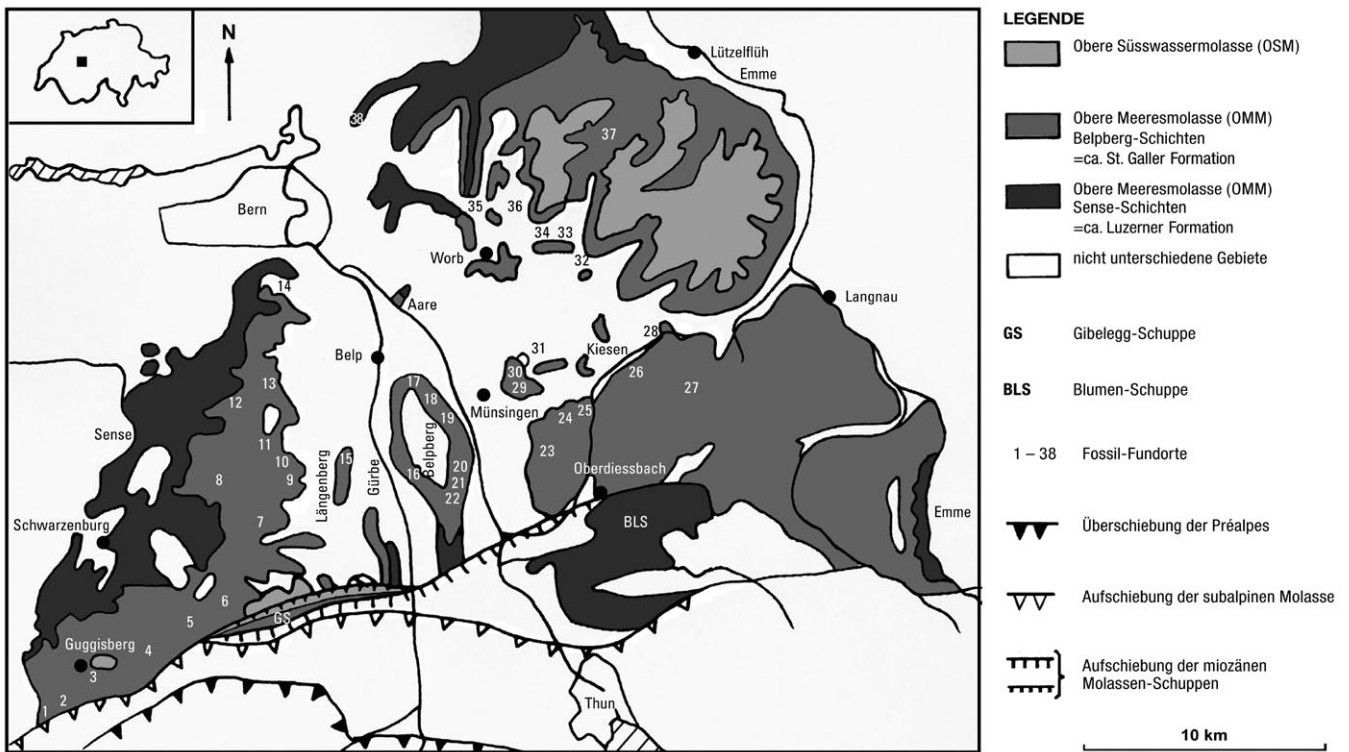


Abb. 1: Geologische Karte der Sense- und Belpberg-Schichten im SW bis E von Bern (reproduziert aus Pfister, Wegmüller & Keller 2011)

Fundorte: 1 Fallvorsassli, 2 Türl, 3 Mösigraben, 4 Kriesbaumen, 5 Gambachgraben, 6 Rüscheegg-Graben, Scheibenstand Rüscheegg, Kräjeren, Lugigräbli, Wissebachgraben, 7 Rüeggisbergegg, 8 zwischen Vorder- und Hinterfultigen, 9 Bütschelegg und zwischen Seitenberg und Studweidholz nördlich Bütschelegg, 10 Seitenberg, 11 Imihubel, 12 Gassershaus, 13 Aeppenacker, 14 Gurten, 15 Leuenberg, 16 Chramburgwald, 17 Hohburg- und Wintergraben, 18 Aarwald, 19 Cheergraben, 20 Schlundzelg, 21 Rohrholz, 22 Rain bei Sädel, Gerzensee, 23 Häutligen, 24 Lochenberg, 25 Leimgrube Konolfingen, 26 Säge Niederhünigen bzw. Hünigen, 27 Schwendlenbad, 28 Zäziwil, 29 Weinhalde Tägertschi, 30 Tennli bei Münsingen, 31 Riedmatt bei Gysenstein, 32 Biglen, 33 Wickartswil, 34 Enggistein, 35 Vechigen, 36 Strasse Utzigen-Radelfingen, 37 Biembachgraben, 38 Katzenstieg am Bantiger. Nach der Geologischen Karte der Schweiz 1:500'000. Abgeändert nach Pfister & Wegmüller (1994), einer Vorlage von J. Wegmüller (Merligen), Kellerhals et al. (1999), Schmid (1970) und Della Valle (1965).

III. 1: Carte géologique de la Singine et des Couches de Belpberg du SO à l'E de Berne (reproduit à partir de Pfister, Wegmüller & Keller 2011)

Lieux de trouvaillies: 1 Fallvorsassli, 2 Türl, 3 Mösigraben, 4 Kriesbaumen, 5 Gambachgraben, 6 Rüscheegg-Graben, Scheibenstand Rüscheegg, Kräjeren, Lugigräbli, Wissebachgraben, 7 Rüeggisbergegg, 8 entre Vorder- et Hinterfultigen, 9 Bütschelegg et entre Seitenberg et Studweidholz au nord de Bütschelegg, 10 Seitenberg, 11 Imihubel, 12 Gassershaus, 13 Aeppenacker, 14 Gurten, 15 Leuenberg, 16 Chramburgwald, 17 Hohburg- et Wintergraben, 18 Aarwald, 19 Cheergraben, 20 Schlundzelg, 21 Rohrholz, 22 Rain bei Sädel, Gerzensee, 23 Häutligen, 24 Lochenberg, 25 Leimgrube Konolfingen, 26 Säge Niederhünigen respectivement Hünigen, 27 Schwendlenbad, 28 Zäziwil, 29 Weinhalde Tägertschi, 30 Tennli bei Münsingen, 31 Riedmatt bei Gysenstein, 32 Biglen, 33 Wickartswil, 34 Enggistein, 35 Vechigen, 36 Route Utzigen-Radelfingen, 37 Biembachgraben, 38 Katzenstieg am Bantiger. Selon la carte géologique de la Suisse 1:500'000. Modifié d'après Pfister & Wegmüller (1994), un modèle de J. Wegmüller (Merligen), Kellerhals et al. (1999), Schmid (1970) et Della Valle (1965).

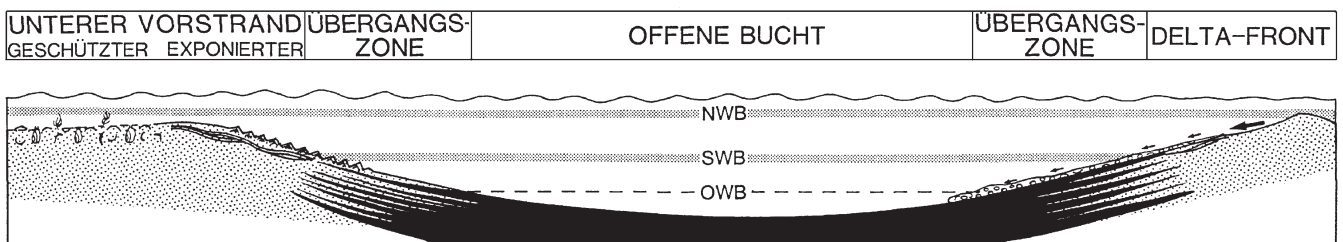


Abb. 2: Ablagerungsbereiche in einer Bucht (nach Keller 1989 – reproduziert aus Pfister, Wegmüller & Keller 2011)
Abkürzungen: NWB = Normalwellenbasis / SWB = Sturmwellenbasis / OWB = Orkanwellenbasis

III. 2: Zone de formation de dépôts dans une baie (selon Keller 1989, reproduit à partir de Pfister, Wegmüller & Keller 2011)

Abréviations: NWB = limite d'action des vagues de beau temps / SWB = limite d'action des vagues de tempête / OWB = limite d'action des vagues d'ouragan

plaren) sind gut ein Drittel der Muschel-Arten, aber fast drei Viertel der Schnecken-Arten. Dominierend und weit verbreitet ist *Paphia deshayesi*, gefolgt von *Pitar islandicoïdes* und *Lutraria sanna*. In die Kategorie der häufigsten Arten gehören vermutlich auch *Pecten helvetiënsis* sowie *Ostrea granënsis*, die im Hohburggraben am Belpberg z. B. eine ganze Austerbank aufbaut, aber wegen der Aufschlussverhältnisse nicht so ausgiebig aufgesammelt werden konnte und oft nicht sicher bestimmbar ist. Häufiger als bei den einzelnen Arten angegeben sind auch die Cardiiden, die ebenfalls äusserst verbreitet, aber oft nicht näher zu bestimmen sind. Insbesondere betrifft dies *Cardium burdigalinum* und *Acanthocardia moeschani* nebst *A. praeclens* und *A. steiningeri*.

Bei den Schnecken dominieren die Turritellen, die auch weit verbreitet sind, v. a. *Archimediella doublierii* und *Turritella studeri*. Danach folgt *Calyptreae sallomacensis*, die aber nur lokal in einer Schicht im Cheergraben (ehemals Marchbachgraben) dominiert. Die sehr häufigen Arten gehören zu folgenden Familien: Nuculidae, Arcidae, Pectinidae, Limidae, Ostreidae, Cardiidae, Mactridae, Tellinidae, Veneridae, Hiatellidae, Pholadidae und Pandoridae bei den Muscheln und Trochidae, Turritellidae, Strombidae, Calyptraeidae, Fasciariidae, Nassariidae und Clavatulidae bei den Schnecken.

Es sind 30 Muschel- und 27 Schnecken-Familien vertreten. Gut die Hälfte der Muschel-Arten gehört also zu nur 5 Familien. Von 16 Familien wurde hier nur je eine Art aufgefunden. Bei den Schnecken ist gut die Hälfte der Arten 7 Familien zuzuordnen. Von 10 Familien konnte nur je eine Art aufgesammelt werden.

Die Molluskenfauna zeigt auch regionale Unterschiede: Am weitaus artenreichsten ist mit 78 Muschel- und 79 Schnecken-Arten der Belp-



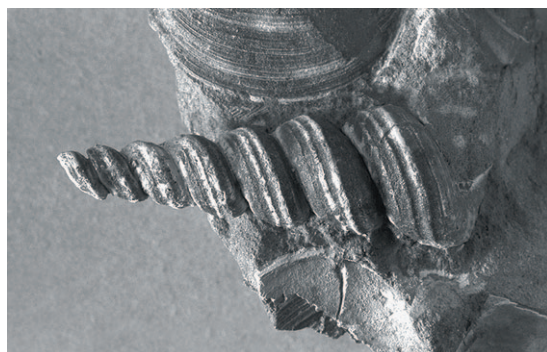
Chlamys palmata, rechte Klappe, Cheergraben, Belpberg, Grabung 1983

Chlamys palmata, valve droite, Cheergraben, Belpberg, fouille de 1983



Pitar islandicoïdes, linke Klappe, Cheergraben, Belpberg, Grabung 1983

Pitar islandicoïdes, valve gauche, Cheergraben, Belpberg, fouille de 1983



Turritella studeri, Cheergraben, Belpberg



Calyptreae sallomacensis, Cheergraben, Belpberg

huitième pour les gastéropodes (=11 espèces). Un bon tiers des espèces de bivalves, mais près des trois quarts des espèces de gastéropodes, sont rares voire très rares (moins de 10 exemplaires). *Paphia deshayesi* domine et est très répandu, suivi de *Pitar islandicoïdes* et *Lutraria sanna*. *Pecten helvetiënsis* ainsi qu'*Ostrea granënsis* appartiennent probablement aussi à la catégorie des espèces les plus fréquentes qui forment par exemple un banc entier d'huîtres dans la Hohburggraben (ravine de Hohburg) de Belpberg mais qui n'ont pu être ni collectées en si grande quantité à cause des conditions d'affleurement ni déterminées avec certitude. Les Cardiidae sont aussi plus fréquentes que les espèces isolées indiquées, elles sont très répandues, mais souvent pas plus facilement déterminables. Cela concerne particulièrement *Cardium burdigalinum* et *Acanthocardia moeschani* à côté d'*A. praeclens* et d'*A. steiningeri*.

Les Turritella dominant chez les gastéropodes, elles sont aussi très répandues, surtout *Archimediella doublierii* et *Turritella studeri* et sont suivies ensuite de *Calyptreae sallomacensis* qui domine par contre uniquement localement dans une couche de la Cheergraben (anciennement Marchbachgraben). Les espèces très répandues appartiennent aux familles suivantes: Nuculidae, Arcidae, Pectinidae, Limidae, Ostreidae, Cardiidae, Mactridae, Tellinidae, Veneridae, Hiatellidae, Pholadidae et Pandoridae chez les bivalves et Trochidae, Turritellidae, Strombidae, Calyptraeidae, Fasciariidae, Nassariidae et Clavatulidae chez les gastéropodes. 30 familles de bivalves et 27 familles de gastéropodes sont représentées. Bien la moitié des espèces de bivalves appartiennent donc à seulement 5 familles. De 16 familles, seule une espèce de chaque a été trouvée. Une bonne moitié des espèces de gastéropodes est classée dans 7 familles. De 10 familles, seule une espèce de chaque a été trouvée.

La faune des mollusques présente des différences régionales. Belpberg est de loin la plus riche avec 78 espèces de bivalves et 79 de gastéropodes (en partie à cause de fouilles, d'espèces rares, de formes petites, etc.). A peu près 31% des espèces de bivalves et 44% des espèces de gastéropodes ont été uniquement découvertes à Belpberg. Dans la région de Rüscheegg, d'autres espèces de bivalves dominant en partie, dont 6 semblent n'apparaître que dans cette région. D'autres espèces prédominent à nouveau dans les régions situées à l'est et au nord

berg (teilweise wegen Grabungen, seltenen Arten, Kleinformen usw.). Nur am Belpberg gefunden wurden knapp 31% der Muschel- und 44% der Schnecken-Arten. Im Gebiet von Rüscheegg dominieren z. T. andere Muschel-Arten, 6 scheinen nur in dieser Region vorzukommen. Im Gebiet östlich und nordöstlich vom Belpberg überwiegen wieder andere Arten. 7 Arten scheinen nur dort aufzutreten, und zwar in besonders siltig-tonigen, weichen Ablagerungen, wie sie in den BS nur an wenigen Stellen vorkommen. Diese Arten sind zum grössten Teil typisch für brackisches Milieu. Die paläoökologischen Verhältnisse sind in den Fundschichten sehr einheitlich – es herrschten vollmarine Bedingungen: In allen Fossilschichten sind Anzeiger von vollmarinem Wasser zu finden, z. B. *Atrina pectinata*, Pectiniden, *Anomia ephippium*, *Glycymeris cor*, *Diplodonta rotundata*, *Pseudochama gryphina*, *Cardium kunstleri*, *Psammotreta lacunosa*, *Pitar islandicoides*, *Dosinia lupinus*, *Corbula gibba*, *Panopea menardi*, *Pholas desmoulinsi*, *Thracia pubescens*, *Archimediella bicarinata*, *Babylonia matheroni*, *Clavatula* sp. sowie Moostierchen und schalenzersetzende Schwämme.

Es ist sehr schwierig, auf Grund der vorkommenden Mollusken-Arten die Tiefenzone zu bestimmen, da die meisten Arten eine grosse bathymetrische Verbreitung besitzen und ihr Vorkommen durch andere Faziesfaktoren (Strömung, Substrat etc.) gesteuert wird. Flaches bis mässig tiefes Sublitoral und zugleich Weichboden wird bevorzugt durch: infaunale Veneriden, Cardiiden, Telliniden, Turritelliden, Nassariiden, *Calyptraea depressa*, *Polinices redemptus*, *Babylonia matheroni*, *Tudicla rusticula* usw. Das Substrat war dementsprechend ein Weichboden aus mehr oder weniger sandigen Silten und aus Sanden. Der Grund war aber physikalisch stabil. Darauf weisen die vielen Suspensionsfresser und die zwar untergeordnete, aber vorhandene Epifauna hin. Im Sublitoral sind generell verbreitet: *Nucula*, *Anadara fichteli*, *Spisula*, *Lutraria*, *Paphia*, *Pitar lilacinoides*, *Venus*, *Pholas*, *Calliostoma*, die meisten Turritelliden, Ficiden, Anhäufungen von Coniden, Cancellariiden und Fusiniden (diese 3 Familien v. a. im etwas tieferen Sublitoral). Die Turritellen-Anhäufungen in einigen Schichten im Hohburggraben bildeten sich wohl im allgemein etwas tieferen Wasser oder unterhalb grundberührender Wellenbewegung, doch wurde nebst der dominierenden *Archimediella doublieii* auch *A. bicarinata* gesammelt, die eher auf flaches Sublitoral hinweist und seltener auch *Turritella terebralis*, die in Niederösterreich «wenige Meter tief» gelebt hat. Aus paläontologischer Sicht ist also am ehesten flaches bis mässig tiefes sublitorales Milieu bei vollmarinen Bedingungen und einem weichen, aber physikalisch stabilen Substrat aus mehr oder weniger sandigen Silten und aus Sanden anzunehmen. Nach der sedimentologischen und trophischen Untersuchung handelt es sich um mittleres Sublitoral.

Sedimentologische Analyse

Die Ablagerungen der BS entstanden in einem Becken, das auf Grund des Profils im Hohburggraben in verschiedene Ablagerungsbereiche unterteilt werden kann (Abb. 2). Bei normalen Verhältnissen bzw. bei Ebbe und Flut bewegt sich der Meeresspiegel im Bereich der Normalwellenbasis (NWB). Bei Stürmen erreicht die Wasserenergie eine tiefere Zone, deren Untergrenze durch die Sturmwellenbasis (SWB) definiert wird, bei Orkanen als Orkanwellenbasis (OWB). Das Prinzip der Analyse beruht darauf, dass diese Ablagerungsbereiche charakteristische Sedimentabfolgen und -strukturen im Profil hinterlassen, welche entsprechend interpretiert werden können. Dadurch konnten im Hohburggraben (Abb. 3) im obersten Drittel des Grabens bei einer Profilhöhe von ca. 40 Metern vier Sequenzen festgestellt

de Belpberg. 7 espèces ne semblent être présentes qu'à cet endroit et tout particulièrement dans des dépôts d'argile limoneuse moussus tels qu'ils n'apparaissent qu'à peu d'endroits dans les CB. Ces espèces sont en grande partie typiques des milieux saumâtres. Les rapports paléocéologiques sont très homogènes dans les couches de découverte où régnaient des conditions marines. Des indicateurs d'eau de mer sont présents dans toutes les couches fossilifères, comme par exemple: *Atrina pectinata*, Pectinidae, *Anomia ephippium*, *Glycymeris cor*, *Diplodonta rotundata*, *Pseudochama gryphina*, *Cardium kunstleri*, *Psammotreta lacunosa*, *Pitar islandicoides*, *Dosinia lupinus*, *Corbula gibba*, *Panopea menardi*, *Pholas desmoulinsi*, *Thracia pubescens*, *Archimediella bicarinata*, *Babylonia matheroni*, *Clavatula* sp. ainsi que des ectoproctes et des éponges capables de dissoudre les coquilles.

Il est très difficile de déterminer la zone pélagique à partir des espèces de mollusques présentes puisque la plupart d'entre elles possèdent une grande répartition bathymétrique, leur répartition est en outre influencée par d'autres facteurs propres au faciès (courant, substrat, etc.). Un étage sublittoral plat à moyennement profond et en même temps un fond mou sont préférés par une faune vivant à l'intérieur d'un substrat mou: Veneridae, Cardiidae, Tellinidae, Turritellidae, Nassariidae, *Calyptraea depressa*, *Polinices redemptus*, *Babylonia matheroni*, *Tudicla rusticula*, etc. Un fond mou formé de limons plus ou moins sableux et de sables servait par conséquent de substrat. Le fond était cependant stable physiquement. Les nombreux animaux suspensivores et l'épifaune, bien que secondaire mais présente, en sont les indices. Dans l'étage sublittoral sont généralement répandus: *Nucula*, *Anadara fichteli*, *Spisula*, *Lutraria*, *Paphia*, *Pitar lilacinoides*, *Venus*, *Pholas*, *Calliostoma*, la plupart des Turritellidae, Ficidae, des accumulations de Conidae, Cancellariidae et Fusinidae (ces 3 familles surtout dans le sublittoral un peu plus profond).

Les accumulations de *Turritella* dans quelques couches de la Hohburggraben se sont certainement formées en général dans des eaux un peu plus profondes ou en dessous des mouvements de vagues touchant le fond. Mais à côté de la dominante *Archimediella doublieii*, *A. bicarinata* a aussi été trouvée, cette dernière est plutôt un indice pour un sublittoral plat et aussi plus rare que *Turritella terebralis* qui vivait «à quelques mètres de profondeur» en Basse-Autriche.

Du point de vue paléontologique, on peut donc admettre un milieu sublittoral très vraisemblablement plat à moyennement profond dans des conditions marines et un substrat physiquement stable composé de limons plus ou moins sableux et de sables. Selon les études sédimentologiques et trophiques, il s'agit d'un milieu sublittoral moyen.

Analyse sédimentologique

Les dépôts des CB se sont formés dans un bassin qui de par le profil de la Hohburggraben peut être divisé en divers secteurs (ill. 2).

Dans des conditions normales respectivement lors du flux et du reflux, le niveau de la mer varie dans le domaine de la limite d'action des vagues de beau temps (NWB). Lors de tempêtes, l'énergie de l'eau atteint une zone plus profonde définie par la limite inférieure d'action des vagues de tempête (SWB), lors d'ouragan par la limite d'action des vagues d'ouragan (OWB).

Le principe des analyses s'appuie sur le fait que les zones de dépôts ont laissé des successions caractéristiques de sédiments et de structures dans le profil qui peuvent être interprétées de cette manière. Ainsi, quatre séquences ont pu être constatées dans le tiers supérieur de la Hohburg-

Ein Bestimmungsführer zu den Versteinerungen aus den Belpberg-Schichten

Die Belpberg-Schichten mit einem Alter von etwa 18 Mio. Jahren sind in der Umgebung von Bern aufgeschlossen und entsprechen dem obersten Teil der Oberen Meeresmolasse (OMM) – mittleres bis oberes Burdigalium – des Miozäns. Sie sind Teil der St. Galler Formation.

Seit dem 18. Jahrhundert wurden die Belpberg-Schichten immer wieder untersucht. In den Jahren 1982 und 1983 führte das Naturhistorische Museum der Burgergemeinde Bern Grabungen an zwei bedeutenden Fossilfundstellen des Belpbergs, südlich von Bern, durch. Nebst Belegmaterial aus älteren Sammlungen und von Amateursammlern legten diese anlässlich der Grabungen geborgenen Fossilien den Grundstock für die später folgenden Beschreibungen der Muscheln (91 Taxa), Schnecken (94 Taxa), Seeigeln, Spuren, Moostierchen, Seepocken und Krebsreste. In einer Vielzahl von wissenschaftlichen Publikationen wurde zuerst die Fauna detailliert beschrieben und anschliessend ausgewertet.

Der Abschluss dieser Forschungsarbeiten bildet nun ein Bestimmungsführer, welcher eine Auswahl der wichtigsten Versteinerungen aus den Belpberg-Schichten vorstellt: Muscheln, Schnecken, Haifisch-/Rochenzähne und Spuren. Der Bestimmungsführer ist in folgende Kapitel gegliedert: Geographie und Geologie des Untersuchungsgebietes; Morphologische Begriffe der Muscheln und Schnecken, die in den Beschreibungen gebraucht werden; Beschreibungen der wichtigsten Versteinerungen; Tabellen mit den Massen bzw. den Ernährungs-/Lebensweisen der beschriebenen Muscheln und Schnecken; Tafeln mit Abbildungen der Versteinerungen; Literaturverzeichnis; Verzeichnisse der Tabellen, Tafeln und Versteinerungen.

Der nun vorliegende Bestimmungsführer richtet sich an interessierte Laien. Er soll den Zugang zum Fossilien suchen und -finden in der Oberen Meeresmolasse, nicht nur in der Umgebung von Bern, erleichtern und das Bestimmen der eigenen Funde ermöglichen. (pd)

Urs Wegmüller & Thérèse Pfister: Versteinerungen aus den Belpberg-Schichten, A5-Format, Wiro-Bindung, 167 Seiten, 17 Abbildungen, 39 Tafeln, 33 Tabellen. © 2013, Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern. ISBN 978-3-9-07088-32-6, Preis: CHF 12.00 Der Bestimmungsführer ist unter contact@nmbe.ch oder unter <http://www.nmbe.ch/informieren/e-shop> erhältlich (Preis inkl. MWST, zuzüglich Porto + Verpackung).

werden, welche ein jeweiliges Verflachen des Ablagerungsraumes von der offenen Bucht hin zum geschützten unteren Vorstrand aufzeigen – aus den Sequenzen lassen sich Paläowassertiefen-Differenzen von 10–12 m interpretieren. Es handelt sich im Wesentlichen um folgende, sich wiederholende Ablagerungsbereiche:

- Offene Bucht: Ruhige Ablagerungsräume ohne grundberührenden Welleneinfluss mit schwachen Strömungen, sei es in einer geschützten Bucht, sei es im tieferen Wasser unterhalb der Orkanwellenbasis.

Un guide de détermination des fossiles des Couches de Belpberg

Les Couches de Belpberg âgées de près de 18 millions d'années affleurent aux environs de Berne et correspondent à la partie supérieure de la Molasse marine supérieure (OMM), Burdigalien moyen à supérieur au Miocène. Elles font partie de la Formation de St-Gall.

Les Couches de Belpberg ont été constamment étudiées depuis le XVIII^e siècle. Le Musée d'histoire naturelle de la bourgeoisie de Berne a effectué des fouilles à deux endroits significatifs de Belpberg au sud de Berne en 1982 et 1983. Outre le matériel de référence en provenance de collections plus anciennes et de collectionneurs amateurs, ces trouvailles dégagées lors des fouilles servirent de base aux descriptions ultérieures des bivalves (91 espèces), gastéropodes (94 espèces), oursins, traces, ectoproctes, balanes et restes de crustacés. La faune a d'abord été décrite en détail dans une multitude de publications scientifiques pour être finalement évaluée.

Un guide de détermination fait office de conclusion à ces travaux de recherche, il présente un choix des fossiles les plus importants des Couches de Belpberg: bivalves, gastéropodes, dents de requins et de raies et traces. Le guide de détermination comprend les chapitres suivants: géographie et géologie de la région étudiée; termes morphologiques

des bivalves et des gastéropodes qui sont utilisés dans les descriptions; descriptions des fossiles les plus importants; tables avec les populations respectivement les modes de nutrition et de vie des bivalves et gastéropodes décrits; tableaux avec les illustrations des fossiles; bibliographie; répertoires des tables, tableaux et fossiles.

Le guide de détermination désormais disponible en allemand s'adresse aux amateurs intéressés. Il a pour objectif de faciliter l'accès à la recherche et la découverte de fossiles de la Molasse marine supérieure, pas seulement aux environs de Berne, et de permettre la détermination des propres trouvailles. (sd)

Traduction: Daniel Hêche

Urs Wegmüller et Thérèse Pfister: Versteinerungen aus den Belpberg-Schichten, Format A5, reliure Wiro, 167 pages, 17 illustrations, 39 tableaux, 33 tables. © 2013, Musée d'histoire naturelle de la bourgeoisie de Berne. ISBN 978-3-9-07088-32-6, prix: CHF 12.–. Le guide de détermination est disponible auprès de contact@nmbe.ch ou <http://www.nmbe.ch/informieren/e-shop> (prix TVA incluse, port et emballage en sus).

graben (ill. 3) à une hauteur de profil d'environ 40 mètres. Elles montrent un aplanissement de la zone de formation de dépôts, passant de la baie ouverte jusqu'à un estran inférieur protégé. Ces séquences permettent d'interpréter des différences de profondeurs paléontologiques d'eau de 10–12 mètres. Il s'agit essentiellement des zones de formation de dépôts suivantes qui se répètent:

- baie ouverte: zone calme de formation de dépôts sans l'influence de vagues en mesure de toucher le fond, avec faibles courants, que ce soit dans une baie protégée,



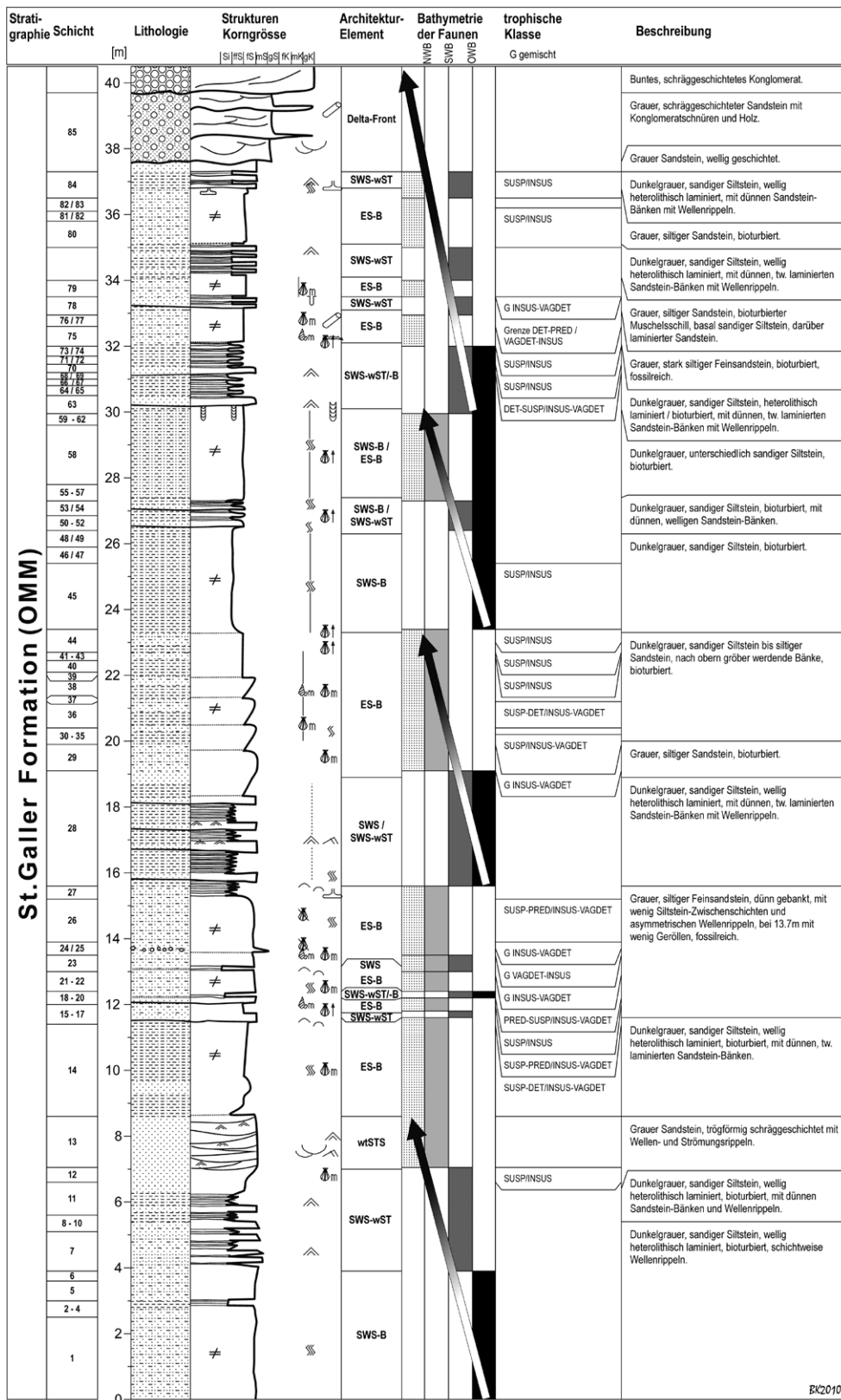
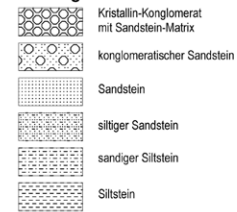


Abb. 3: Sedimentologisch-paläontologisches Detailprofil des oberen Teils der Belpberg-Schichten im Hohburggraben am Belpberg – auf die Architektur-Elemente wird in dieser Publikation nicht näher eingegangen (reproduziert aus Pfister, Wegmüller & Keller 2011)

III. 3: Détail du profil sédimento-paléontologique de la partie supérieure des Couches de Belpberg dans la Hohburggraben de Belpberg, les éléments architecturaux ne seront pas traités plus en détail dans cette publication (reproduit à partir de Pfister, Wegmüller & Keller 2011)

Lithologie Obere Meeresmolasse



Bathymetrie der Faunen

NWB Normalwellenbasis
 SWB Sturmwellenbasis
 OWB Orkanwellenbasis

↑ nach oben seichter werdende Sequenz (shallowing upward)

Symbole



- Übergangszone gegen den unteren Vorstrand hin: gelegentlicher Sturm- oder Orkanwelleneinfluss.
- Geschützter unterer Vorstrand: Ruhiger Sedimentationsraum in einer geschützten Bucht im unteren Vorstrand oder in tieferem Wasser offener Buchten. Hier entstanden oft Schichten mit Versteinerungen.

Über dem Meter 37,6 können Ablagerungen eines vorrückenden Deltas gefunden werden. Es handelt sich hier um das Mündungsgebiet eines verwilderten Deltas. Die nach oben seichter werdenden Sequenzen entstanden

que ce soit en eau plus profonde en dessous de la limite d'action des vagues d'ouragan.

- zone de transition vers l'estran inférieur: influence occasionnelle des vagues de tempête ou d'ouragan.
- estran inférieur protégé: zone calme de sédimentation dans une baie protégée dans l'estran inférieur ou dans l'eau plus profonde de baies ouvertes. Des couches avec pétrifications se sont souvent formées ici.

Au-dessus des 37,6 mètres, les dépôts issus d'un delta en progression peuvent être découverts. Il s'agit ici de l'embo-

durch Verlagerung von Mündungsbarren und sandigen Untiefen. Die Fossilschichten bildeten sich durch Begrabenwerden der Schalen bei Stürmen oder durch die Wanderung von Deltaloben oder Mündungsbarren.

Paläobiologie und Taphonomie

Mit der Taphonomie werden die Vorgänge beschrieben, die zur Versteinierung der Organismen führten – dadurch können z. B. Aussagen getroffen werden, ob Mollusken sehr schnell begraben und kaum transportiert wurden oder nicht.

Die Artenzahl der Mollusken pro Schicht variiert von 1 bis 60 Exemplare. Auch die Individuenzahl wechselt stark.

Die Schalen sind in den Fossilschichten spärlich bis sehr dicht verteilt (Abb. 4) und machen von weniger als 5% bis 50% des Gesamtvolumens aus.

Die Artikulation bei Muscheln (d. h. Einzel- oder Doppelklappen) variiert ebenfalls. Wo Doppelklappen dominieren und Lebensstellung häufig ist, kann auf ein Massensterben mit raschem Begrabenwerden geschlossen werden. Darauf weisen auch die seltenen Anbohrungen von Raubschnecken und Aufwuchs durch Moostierchen, noch seltener Kalkröhrenwürmern und Seepocken hin.

Wo das Verhältnis von rechter zu linker Muschelklappe ermittelt werden konnte, ist es fast immer ausgeglichen, was auf fehlenden Transport hindeutet, wie auch fehlende Rundung und Abrieb sowie die allgemein geringe Grössensortierung. In den meisten Schichten wurden Mollusken in Lebensstellung beobachtet. Daher werden die Schalenkonzentrationen allgemein als nach dem Absterben mehr oder weniger am Ort verblieben betrachtet. Die Orientierung der Schalen ist verschieden schief, in einzelnen Horizonten schichtparallel, was dort auf beständige oder regelmässig variierende Strömungen oder Wellenbewegung hinweist.

Wenige Schichten werden auf Grund kleiner Gerölle, vermehrter Bruchstücke, häufiger Einzelschalen, öfter schichtparalleler Lage der Schalen und nur seltener Lebensstellung als Schuttströme interpretiert.

Trophische Analyse

Die Trophie zeigt auf, wie sich die Organismen ernährt haben (Kategorie Ernährungsweise) bzw. welche Lebensweise die Organismen hatten (Kategorie Substratnischen) und gibt so Aufschluss über das Nährstoffangebot eines Standortes. Folgende Kategorien sind vorhanden:

- Ernährungsweisen
 - Suspensionsfresser (Filtrierer) filtern organische Schwebstoffe aus dem Wasser (SUSP)
 - Detritusfresser (Substratfresser) verschlingen organisch reiches Substrat oder Teile davon – beinhaltet auch Aasfresser und Weidegänger (Herbivoren) (DET)
 - Räuber (Carnivoren) fressen lebende Tiere (PRED)
- Substratnischen
 - Sessile Infauna liegt angeheftet oder frei, aber unbeweglich im Substrat – einige Arten sind mobil, wenn sie gestört werden (INSUS)

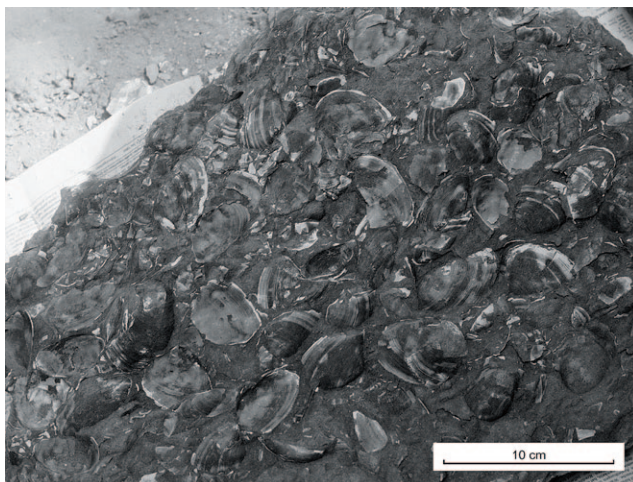


Abb. 4: Block aus Schicht 21 im Cheergraben – kleine Grabung 1984 (reproduziert aus Pfister, Wegmüller & Keller 2011)

III. 4: Bloc de la couche 21 dans la Cheergraben, petite fouille de 1984 (reproduit à partir de Pfister, Wegmüller & Keller 2011)

chure de ce qui fut un delta. Plus haut, les séquences d'eaux toujours moins profondes se sont formées par transfert des bancs de sable de l'embouchure et de bas-fonds sableux. Les couches fossilifères se formèrent par ensevelissement des coquilles lors de tempêtes ou de déplacement des lobes du delta ou des bancs de sable de l'embouchure.

Paléobiologie et taphonomie

La taphonomie décrit les processus qui mènent à la pétrification des organismes, elle permet par exemple de déterminer si les mollusques ont été recouverts très rapidement et peu transportés ou non.

Le nombre des espèces de mollusques par couche varie de 1 à 60 exemplaires. Le nombre des individus varie aussi fortement. La distribution des coquilles dans les couches fossilifères va de rare à très dense (illustration 4) et correspond à un volume global allant de moins de 5% jusqu'à 50%. Les charnières des bivalves (c'est-à-dire une seule valve ou les deux) varient également. Là où les valves doubles dominent et leur position de leur vivant est fréquente, il est possible de conclure à une disparition de masse par ensevelissement rapide. Les rares perforations occasionnées par des Oleacinidae (gastéropodes prédateurs) ainsi que la croissance d'ectoproctes, encore plus rarement de Serpuliidae et de Balanidae, en sont aussi les indices.

Aux endroits où le rapport entre les valves droites et gauches des bivalves pouvait être déterminé, le résultat est presque toujours équilibré, ce qui permet de conclure à un manque de transport, il en va aussi de même par le manque de bords arrondis et d'usure ainsi que par le faible triage général par taille.

Des mollusques dans la position de leur vivant ont été observés dans la plupart des couches. Les concentrations en coquilles sont donc généralement considérées comme étant restées plus ou moins en place, ce qui n'aurait par contre pas été le cas après leur mort. L'orientation des coquilles varie en diverses inclinaisons, dans certains horizons, elle est parallèle à la couche, ce qui indique à ces endroits des courants constants ou variant régulièrement ou des mouvements de vagues.

Quelques couches sont interprétées comme laves torrentielles de par la présence de petits galets, de nombreux fragments, de fréquentes coquilles isolées dont la position est souvent parallèle à la couche et seulement de rares occurrences en position vivante.

Analyse trophique

Le réseau trophique met en évidence la manière dont les organismes se nourrissaient (catégorie modes de nutrition) respectivement quels étaient leurs modes de vie (catégorie niches de substrat) et permet de déduire l'offre alimentaire d'un endroit. Les catégories suivantes sont présentes:

- Modes de nutrition
 - Les animaux suspensivores (filtreurs) filtrent la matière organique en suspension dans l'eau (SUSP)

- Sessile Epifauna liegt angeheftet oder frei auf dem Substrat (EPSUS)
- Vagiles Benthos ist frei im oder auf dem Sediment beweglich und sucht aktiv nach Nahrung (VAGDET)

Da die Fossilvorkommen mehr oder weniger an Ort verblieben sind, ist eine trophische Analyse sinnvoll.

Die Analyse zeigt, dass mehr als 50% (meist 60–90%) der gesamten Fauna Suspensionsfresser sind.

Bei den Organismen, die die Substratnischen besetzten, überwiegen infaunale Suspensionsfresser (40–100%), gefolgt von vagilen Detritusfressern (0–60%), während epifaunale Suspensionsfresser maximal 40% erreichen. Dass die Infauna an fast allen untersuchten Fundorten arten- und individuenmässig stark dominiert, kann mit Stürmen erklärt werden, bei denen ein grosser Teil der Epifauna wegtransportiert und die Infauna begraben wurde. Wo über 50% vagile Detritusfresser vorkommen, kann das auf die dort artenreichere Schneckenfauna zurückgeführt werden. Am Fundort Häutligen dominiert die Epifauna, was v. a. durch vermehrtes Hartsubstrat auf Grund der Austernkonzentration erklärbar ist.

Die sedimentologische Auswertung der Fossilsschichten zeigte, dass es sich bei den untersuchten Schichten um Bucht-Fazies handelt. Auf Grund der trophischen Klassifikation wird dieses Ergebnis bestätigt – es überwiegt der Ablagerungsraum des geschützten unteren Vorstrandes, die Übergangszone ist hier selten (siehe Abb. 2).

Es handelt sich dabei um niedrig-energetische Lebensräume generell unterhalb der Normalwellenbasis (NWB), d. h. mittleres Sublitoral. Sie sind durch stabile Lebensbedingungen und ein lebensfreundliches Milieu mit hoher Suspensionszufuhr aus den Deltas charakterisiert.

Zusammenfassung

Die Auswertung zeigt, dass im Überblick über mehrere Fundorte

- 12 Fossilsschichten die Ernährungsweise Suspension und die Substratnische infaunal aufweisen, was auf eine relativ höhere Wasserturbulenz hindeutet, also eher flacheres Wasser.
- 16 Fossilsschichten der Ernährungsweise Detritus-/Suspensionsfresser bzw. gemischt und der Substratnische

- Les détritivores avalent le substrat riche en matière organique ou une partie de ce dernier, ils comprennent aussi les charognards et les herbivores (DET)
- Les prédateurs (carnivores) se nourrissent d'animaux vivants (PRED)
- Niches de substrat
 - La faune sessile vivant dans le substrat y adhère ou est libre mais immobile, quelques espèces sont mobiles si elles sont dérangées (INSUS)
 - L'épifaune sessile adhère ou est libre sur le substrat (EPSUS)
 - Le Benthos vagile est libre dans ou sur le sédiment, en mouvement et recherche activement sa nourriture (VAGDET)

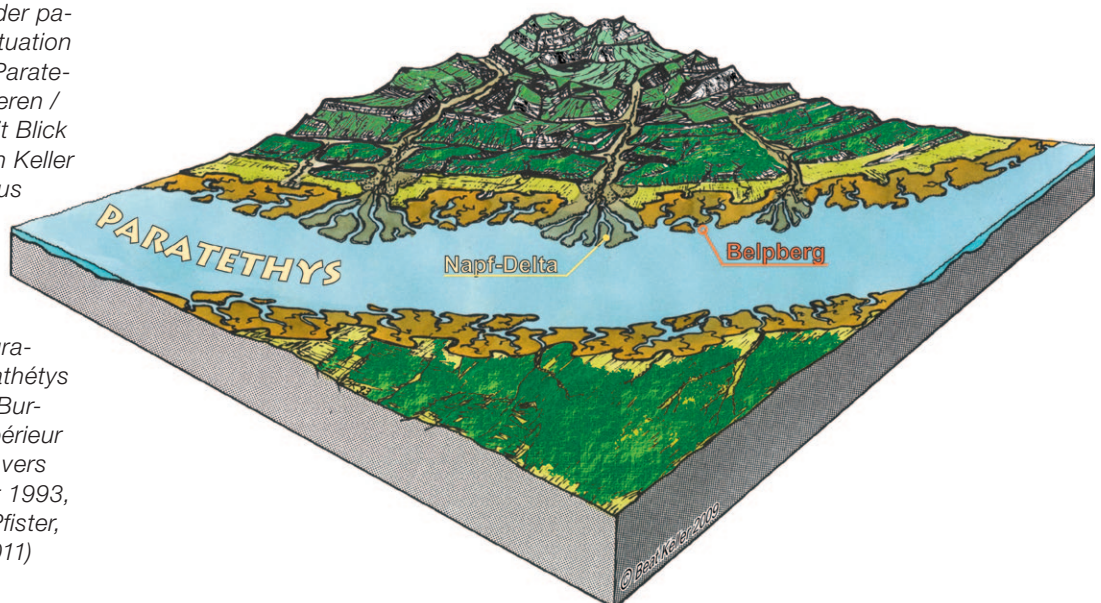
Puisque les gisements fossilifères sont restés plus ou moins au même endroit, une analyse trophique est indiquée.

Elle montre que plus de 50% (généralement 60–90%) de l'ensemble de la faune se composent d'animaux suspensivores. Dans les organismes qui occupent les niches, les animaux suspensivores vivant dans le fond mou dominant (40–100%), suivis des détritivores vagiles (0–60%), alors que les animaux suspensivores épifaunals atteignent au maximum 40%. Le fait que la faune vivant sur et dans le fond domine fortement du point de vue des espèces et des individus dans presque tous les sites de fouille peut être expliqué par les tempêtes durant lesquelles une grande partie de l'épifaune a été transportée et la faune vivant sur le fond ensevelie. La riche faune en gastéropodes présente à certains endroits permet d'y expliquer la concentration de détritivores vagiles supérieure à 50%. L'épifaune domine dans le gisement d'Häutligen, les nombreux substrats durs dus à la concentration d'huîtres en sont l'explication principale. L'évaluation sédimentologique des couches fossilifères a montré qu'elles appartiennent au faciès d'une baie. Ce résultat est confirmé par la classification trophique, la zone de sédimentation de l'estran inférieur protégé prédomine tandis que la zone de transition est rare à cet endroit (voir ill. 2).

Il s'agit en même temps d'habitats à faible énergie, en général en dessous de la limite d'action des vagues de beau temps (NWB), c'est-à-dire un milieu sublittoral moyen. Ils sont caractérisés par des conditions de vie stables et un

Abb. 5: Blockmodell der paläogeographischen Situation der schweizerischen Paratethys zur Zeit des mittleren / oberen Burdigalien mit Blick gegen die Alpen (nach Keller 1993 – reproduziert aus Pfister, Wegmüller & Keller 2011)

III. 5: Modèle en trois dimensions de la situation paléogéographique de la mer Parathétys suisse à l'époque du Burdigalien moyen et supérieur avec le regard tourné vers les Alpes (selon Keller 1993, reproduit à partir de Pfister, Wegmüller & Keller 2011)



vagil infaunal entsprechen, was einer gemässigten Was-
serturbulenz und damit erhöhten Wassertiefe oder einem
geschützten Bereich entspricht, wo vagile Detritusfresser
häufiger vorkommen. Das Substrat bestand aus weichen,
aber physikalisch stabilen, unterschiedlich sandigen Silten
und unterschiedlich siltigen Sanden.

Abschliessend lässt sich ermitteln, dass die Belpberg-
Schichten in einer breiten sublitoralen Bucht zwischen den
verwilderten Deltas des Napf und des Guggisberg entstan-
den (Abb. 5).

Weiterführende Literatur

Alle in den letzten Jahrzehnten entstandenen Publikationen
richten sich an eine spezialisierte Leserschaft. Der Abschluss
der über 30 Jahre dauernden Forschung bildet nun ein Be-
stimmungsführer (BF) über die wichtigsten Versteinerungen
aus den BS, welcher sich an interessierte Laien richtet und
eine Auswahl der wichtigsten Versteinerungen der folgenden
Tiergruppen umfasst: Muscheln, Schnecken, Haifisch-/Ro-
chenzähne und Spuren. Der BF ist seit Juni 2013 erhältlich,
Details zum Inhalt und zur Bezugsquelle finden sich in der
Buchbesprechung (siehe separate Meldung).

Alle die für die Belpberg-Schichten relevanten Publikationen
sind hier zu finden:

[http://www.nmbe.ch/informieren/team/erdwissenschaften/therese-
pfister#publikationen](http://www.nmbe.ch/informieren/team/erdwissenschaften/therese-pfister#publikationen)

[http://www.nmbe.ch/informieren/team/erdwissenschaften/ursula-
menkveld-gfeller#publikationen](http://www.nmbe.ch/informieren/team/erdwissenschaften/ursula-menkveld-gfeller#publikationen)

Zusätzlich verwendete Publikationen für den Bildnachweis:
Della Valle G. 1965. Geologische Untersuchungen in der miozänen
Molasse des Blasenfluhgebietes (Emmental, Kt. Bern). Mittei-
lungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern, Neue Folge
22, 87 – 181.

Keller B. 1989. Fazies und Stratigraphie der Oberen Meeresmolasse
(unteres Miozän) zwischen Napf und Bodensee, Inauguraldissert-
ation Universität Bern, Schweiz, 402 p.

Keller B. 1993. Sempacher See: Geologie des Untergrundes. Mit-
teilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern 33, 21 – 32.
Kellerhals P, Haefeli C, Rutsch RF. 1999. Geologischer Atlas der
Schweiz 1:25'000, Blatt 104 Worb. Landeshydrologie und -geo-
logie.

Schmid G. 1970. Geologie der Gegend von Guggisberg und der
angrenzenden subalpinen Molasse. Beiträge zur Geologischen
Karte der Schweiz, Neue Folge 139, 113 p.

milieu hospitalier avec un approvisionnement élevé en ma-
tière en suspension en provenance du delta.

Résumé

L'évaluation montre, par la vue d'ensemble sur plusieurs
gisements fossilifères, que

- 12 couches fossilifères présentent le mode d'alimentation
microphagie suspensivore avec la faune vivant dans la
niche de substrat meuble, ce qui indique une turbulence
d'eau relativement plus élevée, donc une eau plutôt peu
profonde.
- 16 couches fossilifères correspondent au mode d'ali-
mentation détritivore/suspensivore respectivement mixte
et à la faune vagile vivant dans la niche de substrat, ce
qui correspond à une turbulence plus modérée et par
conséquent à une plus grande profondeur ou à un do-
maine protégé dans lequel les détritivores vagiles sont plus
souvent présents. Le substrat se composait de différents
limons mous sableux, mais stables physiquement, et de
différents sables limoneux.

En conclusion, il est possible de déterminer que les Couches
de Belpberg se sont formées dans une large baie sublittorale
entre ce qui fut les deltas du Napf et de Guggisberg (ill. 5).

Littérature complémentaire

Toutes les publications qui ont vu le jour durant les dernières
décennies s'adressent à un lectorat spécialisé. Un guide de
détermination sur les pétrifications les plus importantes des
CB fait maintenant office de conclusion à plus de 30 ans de
recherche continue. Il s'adresse aux amateurs intéressés et
comprend un choix des plus importants fossiles des groupes
d'animaux suivants: bivalves, gastéropodes, dents de re-
quins et de raies et traces. Le guide de détermination est
disponible (en allemand uniquement) depuis le mois de juin
2013, les détails sur le contenu et l'endroit où se le procurer
se trouvent dans le compte-rendu (voir annonce séparée).

Toutes les publications pertinentes sur les Couches de Belp-
berg sont rassemblées ici:

[http://www.nmbe.ch/informieren/team/erdwissenschaften/therese-
pfister#publikationen](http://www.nmbe.ch/informieren/team/erdwissenschaften/therese-pfister#publikationen)

[http://www.nmbe.ch/informieren/team/erdwissenschaften/ursula-
menkveld-gfeller#publikationen](http://www.nmbe.ch/informieren/team/erdwissenschaften/ursula-menkveld-gfeller#publikationen)

Les illustrations proviennent également des publications
suivantes:

Della Valle G. 1965. Geologische Untersuchungen in der miozänen
Molasse des Blasenfluhgebietes (Emmental, canton de Berne).
Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern, Neue Folge
22, 87 – 181.

Keller B. 1989. Fazies und Stratigraphie der Oberen Meeresmolasse
(unteres Miozän) zwischen Napf und Bodensee, Inauguraldissert-
ation Universität Bern, Schweiz, 402 p.

Keller B. 1993. Sempacher See: Geologie des Untergrundes. Mit-
teilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern 33, 21 – 32.
Kellerhals P, Haefeli C, Rutsch RF. 1999. Atlas géologique de la
Suisse 1:25'000, carte 104 Worb. Service hydrologique et géo-
logique national.

Schmid G. 1970. Geologie der Gegend von Guggisberg und der
angrenzenden subalpinen Molasse. Matériaux pour la carte géo-
logique de la Suisse, nouvelle série 139, 113 p.

Traduction: Daniel Hêche

Urs Wegmüller
Im Gerbelacker 12, CH-3063 Ittingen
urs.wegmueller@bluewin.ch

 Peter Vollenweider