

»Monte Bolca«, eine klassische Fossil-Lagerstätte in den Lessinischen Bergen

Zusammenfassung

Die eozäne Fossil-Lagerstätte »Monte Bolca« hat eine große Vielfalt von Fischen (über 300 Arten) geliefert und ist von größter Bedeutung für unsere Kenntnis von der Evolution der modernen Fische. Wissenschaftshistorisch von Interesse ist es, dass die fossilen Fische von »Monte Bolca« eine wichtige Rolle in den geowissenschaftlichen Diskussionen des 17. und 18. Jahrhunderts spielten. Dabei ist bemerkenswert, dass man in Verona unter dem Einfluss von GIROLAMO FRACASTORO allgemein die Sintflut-Theorie ablehnte im Gegensatz zum übrigen Europa. In diesem Artikel wird ein Überblick über die geologische Entwicklung des Gebietes von Bolca, die Fundstellen der Fische und anderen Fossilien, die Erforschungsgeschichte und die Fossilien gegeben. Abschließend wird die Entstehung der Fossil-Lagerstätte erörtert. Die laminierten fossilführenden Kalke zeigen keinerlei Bioturbationen und müssen sich in einem Milieu mit geschichtetem Wasserkörper und einer lebensfeindlichen Stillwasser-Bodenzone abgelagert haben. Solche Bedingungen sind kaum auf einem offenen Schelf, sondern nur in einem Becken denkbar. Da eine Atoll- oder eine Backreef-Lagune ausgeschlossen werden können, könnte man an ein tektonisches Einbruchsbecken im Zusammenhang mit der Entstehung des Alpone-Chiampo-Grabens während des oberen Paleozän und unteren Eozän denken.

Abstract

The Eocene Fossil-Lagerstätte "Monte Bolca" has yielded a great diversity of fishes (more than 300 species) and is very important for our knowledge of the evolution of the modern fishes. Of special interest under a historical point of view is the role the fossil fishes of "Monte Bolca" played in the earth science discussions of the 17th and 18th century. It is remarkable that the scholars of Verona generally declined the theory of the Flood under the influence of Girolamo FRACASTORO, in contrast to the rest of Europe. In this article a survey is presented on the geological development of the region of Bolca, on the localities where the fossils have been found, on the history of research, and on the fossils. Finally the genesis of the Fossil-Lagerstätte is discussed. The laminated limestone containing the fishes and other fossils do not show any bioturbations and must have been deposited in an environment with a stratified water column and a hostile, stagnant bottom zone. Such conditions are conceivable hardly on an open shelf, but only in a basin. As an atoll or backreef lagoon can be excluded, one could imagine a tectonic basin in connection with the formation of the Alpone-Chiampo graben during the Late Paleocene and the Early Eocene.

»Monte Bolca« – dieser Name steht für eine klassische Fossilagerstätte und für eine der bedeutendsten weltweit, über die bereits früher in dieser Zeitschrift kurz berichtet wurde (VIOHL 1983). Dieser Artikel war bereits im Katalog der Münchener Mineralientage veröffentlicht worden (VIOHL 2007) und wird hier auf Wunsch des Vorstandes der Freunde des Jura-Museums mit kleinen Änderungen nochmals abgedruckt. Die eozänen, etwa 50 Millionen Jahre alten Plattenkalke von »Monte Bolca«

haben Fische von einer atemberaubenden Schönheit und einer Artenvielfalt geliefert, die ihresgleichen sucht. Diese Fossil-Lagerstätte ist somit ein Fenster in die Erdgeschichte, das uns gleichsam in einer Momentaufnahme eine besonders wichtige Phase der Evolution der modernen Fische, der mit Abstand größten Wirbeltiergruppe, zeigt. Die Fische von »Monte Bolca« spielen aber auch eine wichtige Rolle in der Geschichte der Geologie und Paläontologie.

1. Wo liegt der »Monte Bolca«?

Der kleine Ort Bolca gehört heute zur Gemeinde Vestenano und liegt (Luftlinie) etwa 25 km nordöstlich von Verona, im äußersten Nordosten der Provinz Verona, hart an der Grenze zur Provinz Vicenza, am Ende des Val d'Alpone. Dieses Gebiet ist Teil der Lessinischen Berge, der südlichsten Ausläufer der Alpen. Bolca wird überragt von dem 932 m hohen Basaltkegel des Monte Purga. Das Wort »Purga« leitet sich von dem deutschen Wort »Burg« ab und erinnert daran, dass zumindest ein großer Teil der einheimischen Bevölkerung altbayerischen, in geringem Umfang vielleicht sogar langobardischen Ursprungs ist (CALTRAN 1977, SAURO 1984, NORDERA 2003).

Seit dem 14. Jahrhundert sah man in dieser Bevölkerung Nachfahren der vom Konsul MARIUS im Jahre 102 v. Chr. geschlagenen Zimbern (auch LUDOVICO MOSCARDI schreibt dies in seiner »Historia di Verona« von 1668). Historisch ist das jedoch in keiner Weise belegt. Es mag bereits frühe germanische Einwanderungen gegeben haben. Sicher ist jedoch nur, dass im 13. Jahrhundert Siedler bayerischer Abstammung in das Veroneser Bergland kamen, wo ihnen der Bischof von Verona BARTOLOMEO DELLA SCALA Land zuwies. Der Name »Cimbri« wurde auf alle Bevölkerungsteile germanischen Ursprungs übertragen, und deren Sprache hat sich – gleichsam ein lebendes Kulturfossil – bis heute gehalten, vor allem im Ort Giazza.



Abb. 1. Die geographische Lage von Bolca.

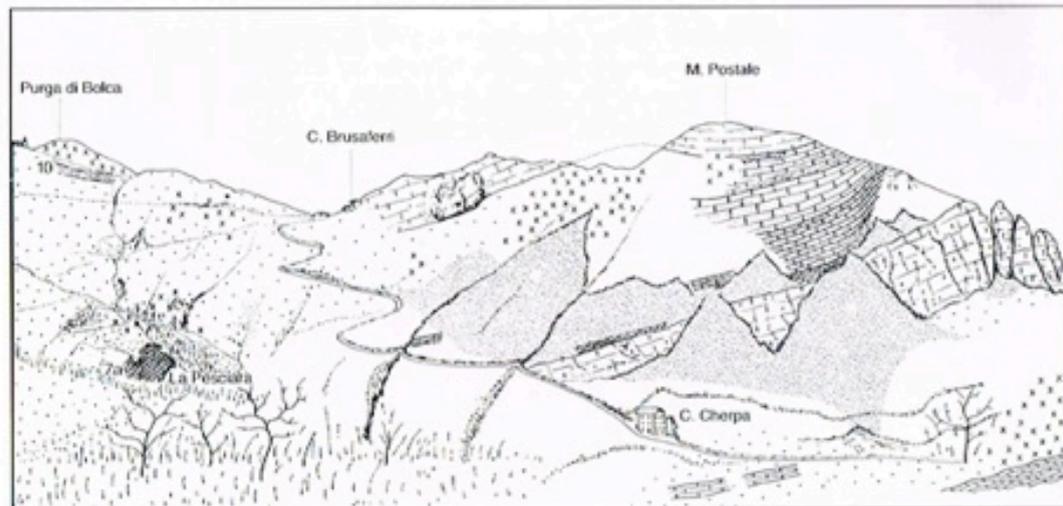


Abb. 2. Geologisches Panorama der Gegend um Bolca aus FABIANI (1914). Die Nummer 7a bezeichnet die Fisch-Schichten der Pesciara und des Monte Postale, die Nummer 10 die Braunkohle führenden Schichten des Monte Purga.

Außer dem Monte Purga gibt es in der Umgebung von Bolca noch eine Reihe weiterer Anhöhen, die teilweise auch als Fossilfundstellen bekannt sind, so den Monte Perga (945 m), den Monte Spilecco (880 m), den Monte Vegroni (750 m) und den Monte Postale (677 m). Einen »Monte Bolca« wird man jedoch vergeblich suchen. Dennoch ist dieser Name schon im 18. Jahrhundert als Bezeichnung der Fundstelle der Fische gebräuchlich. So spricht bereits S. VOLTA 1789 von den »Pesci fossili del celebre Monte Bolca« und A. FORTIS 1793 von »pesci ischeletri dei Monti di Bolca« (SORBINI 1972). Die Bezeichnung wird also sowohl im Singular wie im Plural verwendet und gemeint ist damit offenbar kein spezieller Berg, sondern einfach das Bergland von Bolca. Sie bezieht sich ursprünglich eindeutig nur auf die Fundstellen der Fische, ursprünglich wohl nur auf Lokalität Pesciara und nicht auf den Monte Postale, denn DE ZIGNO veröffentlichte 1847 einen »Catalogo ragionato dei pesci fossili del calcare eocenico di M. Bolca e M. Postale« (BLOT 1969). In der späteren Literatur bezog sich der Name »Monte Bolca« auf beide Lokalitäten (LANDINI & SORBINI 1996). Am Monte Purga und am Monte Vegroni gibt es auch Braunkohle führende Schichten, die Landfossilien (Palmen, Krokodile und Schildkröten) geliefert haben. Sie fallen nicht unter den Begriff »Monte Bolca«, sondern stellen eine eigenständige Fossilagerstätte (Monte Purga–Vegroni) dar. Auch sie soll hier ganz kurz vorgestellt werden.

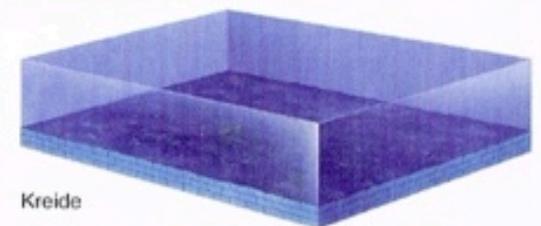
2. Die geologische Entwicklung

Die Geologie der Gegend um Bolca ist zwar in groben Zügen bekannt, im Detail aber noch ziemlich unklar (MUSCIO & TINTORI 2005). Die Gründe dafür sind eine starke tektonische Zerstückerung durch Verwerfungen und mit vulkanischen Gesteinen gefüllte Gänge sowie eine dichte Vegetation, die es vielfach schwierig macht, die geometrischen Beziehungen der Gesteinskörper zu rekonstruieren.

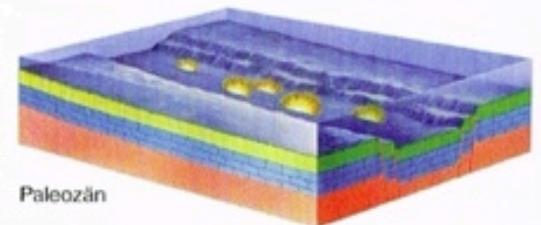
Die Schichtenfolge der Region umfasst den Zeitraum vom Beginn der Unterkreide vor etwa 145 Millionen Jahren bis zum Beginn des Oligozäns vor etwa 35 Millionen Jahren.

Während der Kreide war das Gebiet von einem tiefen Meer bedeckt, in dem sich der Bianco der Unterkreide (dünnbankige, feinkörnige weiße Kalke mit Kieselsäurekonkretionen und tonigen Einschaltungen) und die Scaglia rossa der Oberkreide (plattige, rötlich gefärbte Kalke) ablagerten. Die Scaglia rossa schließt mit einem Hartgrund ab, der auf eine Sedimentationsunterbrechung und Verflachung des Meeres hindeutet.

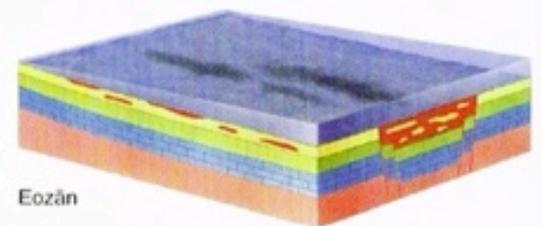
Zu Beginn des Tertiärs, im Paleozän, veränderten die Bewegungen der Erdkruste, die durch den Zusammenprall Afrikas und Europas verursacht wurden und den Beginn der alpinen Gebirgsbildung markieren, das paläogeographische Bild. Generell wurde das Meer flacher, aber im Gebiet von Bolca entstand im oberen Paleozän eine von



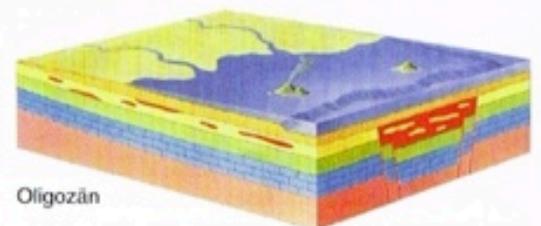
Kreide



Paleozän



Eozän



Oligozän

Abb. 3. Geologische Blockdiagramme des westlichen Veneto (zwischen den Meridianen Verona und Vicenza) zur Zeit der Kreide, des Paleozäns, des Eozäns und des Oligozäns. Aus MUSCIO & TINTORI (2005).



Abb. 4.
Die Pesciara. Foto: U. HIRSCH.

Störungen begrenzte Einsenkung, der Alpone-Chiampo-Graben, und eine intensive vulkanische Aktivität bahnte sich an. Zwischen dem Paleozän und dem Oligozän lassen sich im Veneto, zu dem die Provinzen Verona und Vicenza gehören, mindestens 11 magmatische Phasen unterscheiden. Die ersten Phasen (Paleozän bis Mitteleozän) füllten den Graben mit Lava und vulkanischen Lockergesteinen auf. In die vulkanischen Gesteine schalten sich Horizonte mit Flachwasserkalken ein, zu denen die fischreichen Ablagerungen der Pesciara und des Monte Postale gehören. Es gab aber auch Auftauchbereiche mit Landablagerungen, wie die Fossilagerstätte von Monte Purga-Vegroni bezeugt (siehe unten). Die darauf folgende vulkanische Tätigkeit vom Mittel- bis Obereozän zerlegte die zuvor gebildeten Gesteine durch zahllose Brüche, die mit Basalt und pyroklastischen Gesteinen gefüllt wurden. Erdbeben verursachten wahrscheinlich auch eine Reihe von submarinen Berggrutschen, welche die fossilführenden Kalke in Blöcke zerlegten. Solche Blöcke bilden heute die Pesciara und den Monte Postale.

Während des Oligozäns verlagerten sich die vulkanischen Aktivitäten mehr nach Osten, und im Bereich der heutigen Colli Berici (südlich von Vicenza) bildete sich ein großes Korallenriff, während sich weiter südlich ein tiefes Meeresbecken erstreckte. Die fortschreitende Gebirgsbildung der Alpen führte zur Heraushebung des ganzen Gebietes, das schließlich sein heutiges Erscheinungsbild annahm.

3. Die Fundstellen

3.1 Die Pesciara

Dieser Name wurde von FABIANI (1914) verwendet, dem wir die Klärung der Grundzüge der Geologie des Gebietes um Bolca verdanken. Er ist heute in der wissenschaftlichen Literatur allgemein gebräuchlich und leitet sich ab von dem Wort »Pessàra«, welches im lokalen Dialekt die Haupt-

fundstelle der Fische bezeichnet. Man könnte es mit »Fischgrube« übersetzen. Einige Autoren bevorzugen den Ausdruck »Pesciara«.

Im 18. Jahrhunderts wurde die Pesciara »Lastrara« (vom italienischen Wort »lastra« = Platte) genannt, was darauf hinweist, dass dort Kalkplatten für bauliche Zwecke gewonnen wurden. Um diese Zeit begann wohl auch die gezielte Suche nach Fischfossilien. Der eine Teil der Abbaustelle war im Besitz des Marchese MAFFEI, der andere gehörte einem gewissen Paolo CRACCO, der seinen Anteil 1787 dem Grafen GAZOLA verkaufte. Die Familie MAFFEI verpachtete 1817 ihren Anteil einem gewissen Giuseppe CERATO, der ursprünglich aus der Gegend der sogenannten 7 Gemeinden in der Provinz Vicenza (mit einer deutschstämmigen Bevölkerung) nach Bolca gekommen war, um sich dem Abbau von Braunkohle am Monte Purga zu widmen. 1843 wurde er auch mit den Grabungen im Anteil der Grafen GAZOLA beauftragt. Die Familie CERATO wurde später Eigentümer der



Abb. 5.
Die Pesciara in einem Stich aus der »Ittiolitologia Veronese« von SERAFINO VOLTA aus dem Jahre 1796 (damals noch »Lastrara« genannt). Reproaufnahme: H. TISCHLINGER.



Abb. 6.
In der Pesciara. Foto: U. HIRSCH.



Abb. 4.
Die Pesciara. Foto: U. HIRSCH.

Störungen begrenzte Einsenkung, der Alpone-Chiampo-Graben, und eine intensive vulkanische Aktivität bahnte sich an. Zwischen dem Paleozän und dem Oligozän lassen sich im Veneto, zu dem die Provinzen Verona und Vicenza gehören, mindestens 11 magmatische Phasen unterscheiden. Die ersten Phasen (Paleozän bis Mitteleozän) füllten den Graben mit Lava und vulkanischen Lockergesteinen auf. In die vulkanischen Gesteine schalten sich Horizonte mit Flachwasserkalken ein, zu denen die fischreichen Ablagerungen der Pesciara und des Monte Postale gehören. Es gab aber auch Auftauchbereiche mit Landablagerungen, wie die Fossilagerstätte von Monte Purga–Vegroni bezeugt (siehe unten). Die darauf folgende vulkanische Tätigkeit vom Mittel- bis Obereozän zerlegte die zuvor gebildeten Gesteine durch zahllose Brüche, die mit Basalt und pyroklastischen Gesteinen gefüllt wurden. Erdbeben verursachten wahrscheinlich auch eine Reihe von submarinen Berggrutschen, welche die fossilführenden Kalke in Blöcke zerlegten. Solche Blöcke bilden heute die Pesciara und den Monte Postale.

Während des Oligozäns verlagerten sich die vulkanischen Aktivitäten mehr nach Osten, und im Bereich der heutigen Colli Berici (südlich von Vicenza) bildete sich ein großes Korallenriff, während sich weiter südlich ein tiefes Meeresbecken erstreckte. Die fortschreitende Gebirgsbildung der Alpen führte zur Heraushebung des ganzen Gebietes, das schließlich sein heutiges Erscheinungsbild annahm.

3. Die Fundstellen

3.1 Die Pesciara

Dieser Name wurde von FABIANI (1914) verwendet, dem wir die Klärung der Grundzüge der Geologie des Gebietes um Bolca verdanken. Er ist heute in der wissenschaftlichen Literatur allgemein gebräuchlich und leitet sich ab von dem Wort »Pessàra«, welches im lokalen Dialekt die Haupt-

fundstelle der Fische bezeichnet. Man könnte es mit »Fischgrube« übersetzen. Einige Autoren bevorzugen den Ausdruck »Pesciaia«.

Im 18. Jahrhundert wurde die Pesciara »Lastrara« (vom italienischen Wort »lastra« = Platte) genannt, was darauf hinweist, dass dort Kalkplatten für bauliche Zwecke gewonnen wurden. Um diese Zeit begann wohl auch die gezielte Suche nach Fischfossilien. Der eine Teil der Abbaustelle war im Besitz des Marchese MAFFEI, der andere gehörte einem gewissen Paolo CRACCO, der seinen Anteil 1787 dem Grafen GAZOLA verkaufte. Die Familie MAFFEI verpachtete 1817 ihren Anteil einem gewissen Giuseppe CERATO, der ursprünglich aus der Gegend der sogenannten 7 Gemeinden in der Provinz Vicenza (mit einer deutschstämmigen Bevölkerung) nach Bolca gekommen war, um sich dem Abbau von Braunkohle am Monte Purga zu widmen. 1843 wurde er auch mit den Grabungen im Anteil der Grafen GAZOLA beauftragt. Die Familie CERATO wurde später Eigentümer der



Abb. 5.
Die Pesciara in einem Stich aus der »Ittiolitologia Veronese« von SERAFINO VOLTA aus dem Jahre 1796 (damals noch »Lastrara« genannt). Reproaufnahme: H. TISCHLINGER.



Abb. 6.
In der Pesciara. Foto: U. HIRSCH.

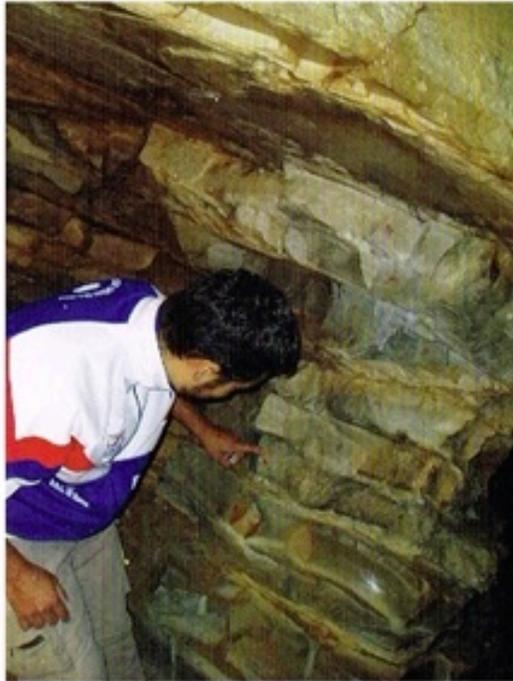


Abb. 7.
In der Pesciara. Dr. FABIO BONA, der die wissenschaftliche Grabung 2007 durchführte, zeigt auf eine Lage grobkörnigen Kalkes zwischen fein laminierten, Fische enthaltenden Kalken.

3.2 Der Monte Postale

Dies ist die zweite Lokalität, die seit langem fossile Fische geliefert hat. Allerdings waren die Grabungen am Monte Postale nie so intensiv und kontinuierlich wie in der Pesciara. In den letzten Jahren fanden dort wissenschaftliche Grabungen statt.

Beide Fundstellen liegen nur wenige hundert Meter auseinander. Jedoch sind die stratigraphischen Beziehungen zwischen ihnen noch unklar. Die Fischhorizonte des Monte Postale scheinen etwas jünger als die der Pesciara zu sein. Auf alle Fälle repräsentieren sie ein anderes Ablagerungsmilieu mit einer größeren Vielfalt an Gesteinen und Fossilgemeinschaften (MUSCIO & TINTORI 2005). Man findet eine Wechsellagerung von hellen Kalken mit Alveolinen und Wirbellosen (Muscheln, kleine Korallen), mergeligen Schichten mit von Bohrmuscheln angebohrten Stämmen, fein laminierten und spaltbaren Kalken mit Landpflanzen, Algen, Wirbellosen und wenigen Fischen, Horizonten mit Krebsen und Schichten mit sehr großen Fischen, wie »Engelsfisch« (*Eoplatax*), Barrakuda (*Sphyraena*) und Rochen (*Narcine*). Im Gegensatz zur Pesciara sind die Fische vom Monte Postale vielfach stärker zerfallen. Gegen den Gipfel des Berges stehen Kalke des Mitteleozän an, die reich sind an Mollusken.

3.3 Der Monte Purga (Purga di Bolca) und Vegroni

Im Gebiet von Bolca gibt es nicht nur marine, sondern auch Süßwasser- bzw. Brackwasserablagerungen, welche ein teilweises Auftauchen belegen. Dazu gehören Braunkohlen, die durch die Anhäufung von Pflanzenresten in Sümpfen entstanden sind und von der Mitte des 18. Jahrhunderts bis zum Jahre 1954 in zahlreichen Stollen ausgebeutet wurden (CALTRAN 2001). Der Beginn des Braunkohlenbergbaus fällt in die Zeit, als das Gebiet zur Republik Venedig gehörte. Damals herrschte

Pesciara und führt dort nunmehr durch sechs Generationen hindurch Grabungen durch, bei denen Tausende einzigartiger Stücke gefunden wurden. Der Name CERATO ist somit unlösbar mit dem Namen Bolca verbunden.

Der Abbau der Fossilien erfolgte überwiegend unter Tage, in Stollen, die von der Familie CERATO und ihren Helfern in mühevoller, schwerer Arbeit in den Berg getrieben wurden.

Die Pesciara ist ein isolierter Block geschichteter Kalke von etwa 20 m Mächtigkeit und mit einer Ausdehnung von einigen hundert Quadratmetern, der auf allen Seiten von vulkanischen Lockergesteinen umgeben und von Basaltgängen durchzogen ist. Auf Grund von Alveolinen (= Großforaminiferen, die Längen von wenigen Millimetern bis zu einigen Zentimetern erreichen) konnten die Kalke genau ins mittlere Cuisium datiert werden (PAPAZZONI & TREVISANI 2005), d.h. sie entstanden am Ende des Untereozäns, vor etwa 50 Millionen Jahren. Die Fische und andere Fossilien (Pflanzen, Krebse, Insekten, Würmer, Medusen) stammen aus fünf übereinander liegenden Schichtpaketen fein laminierten Kalkes, die durch nicht laminierte, grobkörnige Kalke getrennt sind. Diese enthalten niemals Fische, dafür aber massenhaft Muschelschalen und Foraminiferen (siehe SORBINI 1972, SORBINI FRIGO & SORBINI 1999).



Abb. 8.
Der Monte Postale. An seiner rechten Flanke sieht man die Via Eichstätt-Solnhofen, die an die Patenschaft zwischen Eichstätt und Bolca erinnert und zur Pesciara hinabführt. Foto: H. TISCHLINGER.

im gesamten Veneto Holz mangel infolge einer übermäßigen Rodungstätigkeit – die Serenissima benötigte viel Holz zum Schiffsbau. Auch während der beiden Weltkriege bestand ein Brennstoffmangel, was dem Abbau von Braunkohle einen neuen Impuls verlieh. Von 1941 bis 1945 waren

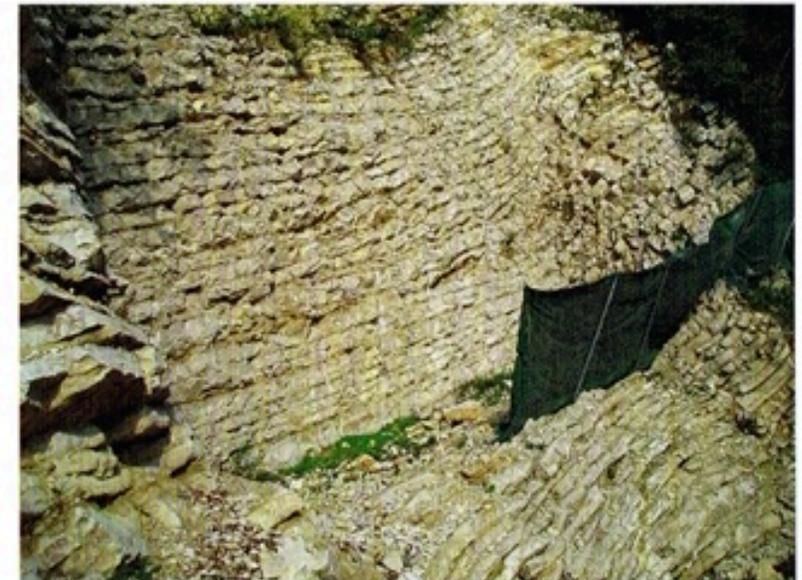


Abb. 9.
Die Grabungsstelle am Monte Postale.



Abb. 10.
Die Palme *Hemiphoenices wettinoides*, Höhe: 160 cm.
Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

allein um den Monte Purga herum 20 Stollen in Betrieb. Während der beiden letzten Kriegsjahre dienten sie den Partisanen als Unterschlupf und der einheimischen Bevölkerung als Zufluchtsort bei Repressalien der deutschen Wehrmacht.

Der obere Teil des Monte Purga, welcher den Ort Bolca überragt, wird von Basaltlava gebildet, die auf 36 Millionen Jahre (Ende Eozän oder Anfang Oligozän) datiert werden konnte (SORBINI 1972). Darunter liegt ein 10-20 m mächtiger Horizont mit tonigen Gesteinen und Braunkohlen. Aus vulkanischen Tufflagen, die in die Braunkohlen eingeschaltet sind, wurden Palmen geborgen, aus den Tonsteinen stammen Krokodile und Schildkröten. Dieselben Schichten mit den gleichen Fossilien stehen an der Lokalität Vegroni (vielfach auch Monte Vegroni genannt) an, wo ebenfalls bedeutende Funde zu Tage kamen.

Unterhalb der fossilführenden Schichten finden sich gröbere vulkanische Lockergesteine, in die marine Kalklagen eingeschaltet sind. Diese enthalten Mikrofossilien, die dem Untereozän zugeordnet werden können (MUSCIO & TINTORI 2005). Damit scheint die Fossilagerstätte des Monte Purga-Vegroni etwas älter als die Pesciara zu sein, im Gegensatz zur früheren Auffassung, die sie als jünger ansah (FABIANI 1914, BLOT 1969).

3.4 Spilecco

Der kleine Hügel (auch Monte Spilecco genannt) liegt nordwestlich von Bolca und ist aus roten Mergeln und tonigen graugrünen Kalken sowie vulkanischen Gesteinen aufgebaut. Die Mergel und Kalke enthalten auch Fossilien: Foraminiferen, Brachiopoden, Seeigel, Seelilien und Haiﬂischzähne. Diese Schichten sind die ältesten tertiären Gesteine im Gebiet von Bolca (etwa 58 Millionen Jahre alt) und dem Paleozän zuzuordnen. Bekannt geworden ist Spilecco in der Geologie als stratigraphischen Horizontes »Spilecciano«, der heute jedoch nicht mehr gültig ist.

Typlokalität des von RAMIRO FABIANI eingeführten stratigraphischen Horizontes »Spilecciano«, der heute jedoch nicht mehr gültig ist.

4. Die Fische von »Monte Bolca« in der Geschichte der Geologie und Paläontologie

Die Fische von »Monte Bolca« sind nicht nur wichtige Dokumente der Erd- und Lebensgeschichte, sondern spielten auch in der Geschichte der Wissenschaft eine bedeutende Rolle. Schon frühzeitig erregten sie die Aufmerksamkeit der Gelehrten und waren Gegenstand lebhafter Dispute über ihre Herkunft und die Entstehung der fossilführenden Schichten. Diese Dispute, die nicht möglich gewesen wären ohne eine intensive Sammeltätigkeit besonders in Verona, spiegeln auch ein Stück abendländischer Geistesgeschichte wider, nämlich den allmählichen Übergang vom mythischen zum wissenschaftlichen Denken. Einen Überblick über die Erforschungsgeschichte der Fische von »Monte Bolca« liefern die Publikationen von BLOT (1969), SORBINI (1972) und SORBINI FRIGO & SORBINI (1999), auf die sich die folgende Darstellung hauptsächlich stützt.

Abb. 11.

Krokodil (*Crocodylus vicetinus*) vom Monte Purga. Maßstab 10 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.



4.1 Die Frühzeit: Fossilien – Naturspiele oder Überreste von Organismen?

Im frühen Mittelalter brachte man Fossilien allgemein mit der Sintflutsage in Verbindung. Diese Verknüpfung findet sich erstmals im Werk des spanischen Priesters PAULUS OROSIIUS »Historia adversus paganos« im 5. Jahrhundert und gelangte von dort her in mehrere mittelalterliche Enzyklopädien (HÖLDER 1989). Im späteren Mittelalter gewannen die Vorstellungen des Aristoteles die Vorherrschaft. Dieser vertrat den Gedanken der Urzeugung, wonach Pflanzen und Tiere ausnahmsweise auch aus Erde entstehen können ohne die Mitwirkung von Eltern. Die Fossilien schienen ihm dafür ein guter Beweis zu sein. Er deutete sie nicht als tote, begrabene und versteinerte Organismen, sondern als im Entstehen begriffene Organismen, die noch nicht vollständig das Leben erlangt hätten. Durch Vermittlung des persischen Philosophen AVICENNA (IBN SINA) gelangte diese Vorstellung ins Abendland. AVICENNA führte die Urzeugung auf eine besondere Kraft zurück, die man im Mittelalter »vis plastica« (bildnerische Kraft) oder »vis lapidifica« (steinformende Kraft) nannte. Auch die Fossilien, die als »lusus naturae« (Naturspiele) bezeichnet wurden, führte man auf das Wirken dieser Kraft zurück, oder man sah in ihnen die Produkte einer durch die Erdwärme hervorgerufenen Fermentation einer »materia pinguis« (eines fettigen Stoffes), Konzentrate eines »succus lapideus« (Gesteinssaftes) oder Kondensate von irdischen Ausdünstungen unter dem Einfluss der Gestirne.

Solchen bizarren Spekulationen traten erst in der Renaissancezeit LEONARDO DA VINCI in Florenz (1510) und der Arzt und Naturforscher GIROLAMO FRACASTORO in Verona (1517) mit echt wissenschaftlichen, auf Beobachtung gegründeten Argumenten entgegen. Beide erkannten die wahre Natur der Fossilien als ehemalige Organismen und schlossen aus dem Vorkommen von Muscheln und anderen marinen Fossilien auf eine frühere Meeresbedeckung. Beide wandten sich gegen die Sintfluttheorie als Erklärung. FRACASTORO argumentierte, dass die Wasser der Sintflut Regenwasser gewesen wären und nicht die Anwesenheit von Meerestieren erklären könnten. Außerdem hätte die Sintflut, die ein einmaliges, zeitlich begrenztes Ereignis gewesen sei, die Überreste der Tiere nur an der Oberfläche der Berge, nicht im Innern der Gesteine zurückgelassen. LEONARDO und FRACASTORO fanden jedoch zunächst wenig Gehör und waren ihrer Zeit weit voraus, wenn man bedenkt, dass sich die Sintfluttheorie bei einigen Gelehrten noch bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts halten konnte. Fische aus Bolca wurden erstmals 1555 in den »Discorsi sopra Dioscoride« des Arztes PIETRO ANDREA MATTIOLI aus Siena erwähnt. Er war jedoch noch der Meinung, sie seien wie alle Fossilien im Gestein durch das Zusammenwirken von Hitze und einer nicht näher charakterisierten »materia grassa«, einer fettigen Substanz, gebildet worden. Er glaubte sogar, dass die fossilen Tiere im Gestein



Abb. 12. Bildnis des PIETRO ANDREA MATTIOLI, der 1555 zum ersten Mal fossile Fische aus Bolca erwähnte. Aus FRIGO & SORBINI (1997).

leben konnten, welches sich dann spaltete, um das Wachstum zu ermöglichen. Diese Idee stammt wahrscheinlich von der Beobachtung gewisser schalenloser Meeresmollusken, die mit Hilfe selbst produzierter Säuren Kalk auflösen können und sich so Hohlräume in Riff-Felsen schaffen und die in der Zeit MATTIOLIS durch Zertrümmern des Gesteins gefangen wurden.

Die Kenntnis der Natur war im 16. Jahrhundert also noch sehr begrenzt, aber das Interesse für sie war erwacht. So entstanden die ersten Naturliensammlungen. Eine der ersten war die des Veroneser Apothekers FRANCESCO CALCEOLARI, der sie im Jahre 1571 gründete. Sie umfasste neben Objekten der klassischen Antike Herbarien, Mineralien, ausgestopfte Tiere und Fossilien, unter denen auch Fische von Bolca waren. Das Museum CALCEOLARI wurde 1584 von dem Arzt G. BATTISTA OLIVI aus Cremona beschrieben, der die Fossilien als Naturspiele ansah. Im Jahre 1622 beschrieb es die Veroneser Ärzte CERUTI und CHIOCCO erneut in einem prächtig bebilderten Werk. Das Titelblatt zeigt einen Kupferstich vom Inneren des Museums. In einigen geöffneten Schubläden erkennt man fossile Fische aus Bolca

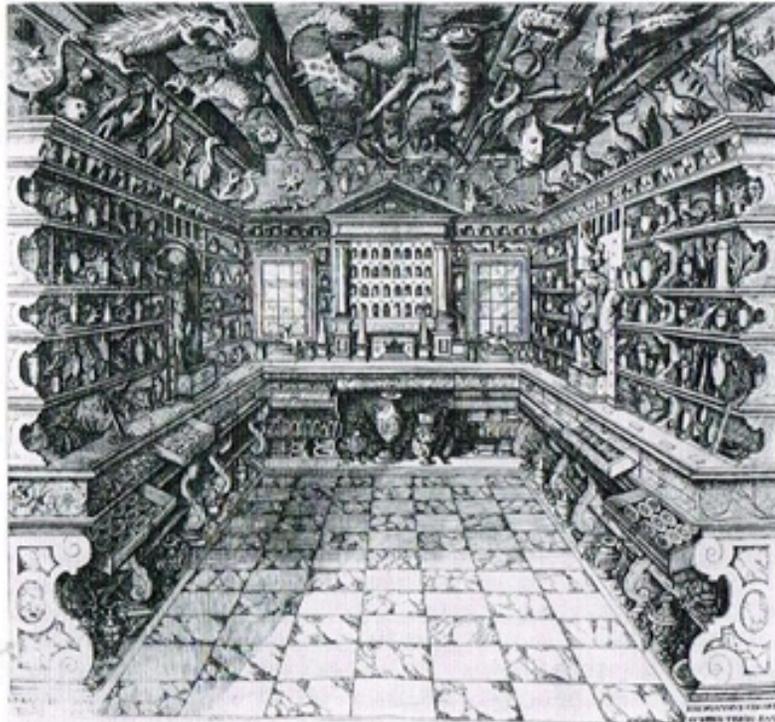


Abb. 13. Das Museum des FRANCESCO CALCEOLARI in einem Kupferstich aus dem Werk von CERUTI und CHIOCCO aus dem Jahre 1622. Aus SORBINI (1972).

(alle auf oval zugeschnittenen Platten), die im Text richtig als Meeresfische gedeutet werden. Dies zeigt, dass in Verona, im Gegensatz zu anderen Orten in Europa, noch der Geist von FRACASTORO lebendig war.

Auch ULISSE ALDROVANDI (1522–1607), Professor an der Universität Bologna, besaß eine Sammlung von Gesteinen und Fossilien, darunter einige Fische aus Bolca. Erst nach seinem Tod, nämlich 1648, wurde ALDROVANDI'S »Musaeum metallicum« von BARTOLOMEO AMBROSINI abgebildet und publiziert. Die Bildunterschriften zu den Fischen erklärt diese als das Resultat zufälliger Linien auf dem Stein, die Fischform angenommen hätten. Sie folgen damit einer Interpretation, die GEORG BAUER oder AGRICOLA (1494–1555) für die Kupferschiefer-Fische von Eisleben gegeben hatte.

Wie rasch fossile Fische aus Bolca in Italien bekannt und beliebt wurden, zeigt die Tatsache, dass diese auch im Kuriositätenkabinett von Papst SIXTUS V. (1585–1590) vertreten waren. Dies wurde von PIETRO MERCATI, Doktor der Medizin und Präfekt der vatikanischen Gärten, betreut und in einem Manuskript beschrieben, welches allerdings erst lange nach dessen Tod, nämlich 1717, gedruckt wurde. MERCATI sah in den Fossilien Scherze der Natur, deren Bildung auf eine von Gestirnen ausgehende »vis formativa« zurückzuführen sei.

In Verona setzte Graf LUDOVICO MOSCARDO die von CALCEOLARI begründete Museumstradition fort, und er übernahm auch einen Teil von dessen Sammlung. Im Jahre 1656 veröffentlichte MOSCARDO ein illustriertes Werk über sein Museum, in dem er auch sechs Fische aus Bolca abbildete. Dieser Veroneser Gelehrte sah ebenfalls, FRACASTORO folgend, die Fossilien als Überreste von ehemaligen Organismen an.

4.2 Das 18. Jahrhundert:

Die Fische von »Monte Bolca« –

Zeugen der Sintflut oder eines warmen Meeres?

Inzwischen wurden Fossilien von Bolca auch außerhalb Italiens mehr und mehr bekannt. So klassifizierte der Züricher Arzt JOHANN JAKOB SCHEUCHZER einige Fische aus Bolca als amerikanische Arten, erklärte aber nicht, wie diese nach Norditalien gelangt waren. SCHEUCHZER bildete in seinem »Herbarium diluvianum« (1707) auch zum ersten Male Pflanzenreste und Insekten von Bolca ab. Er war, stark beeinflusst von dem Engländer JOHN WOODWARD, ein Verfechter der Sintfluttheorie.

Gegen diese Theorie wandte sich 1721 in seiner Schrift »Dei corpora marina che sui Monti si trovano«

VARI lapides variorum Piscium figura veluti insculpti, & effodi, quos in Vicentino agro superioribus annis effodit Michael Angelus Angelicus honestissimus, & cenatissimus Vicetiae Pharmacopaeus Franciscus Insiori Calcenario pro veteris amicitia donavit, quorum hic figuram, cum sint propter varietatem admirabiles, & amici benignitatem non spernandi, libenter expressam scripsimus.

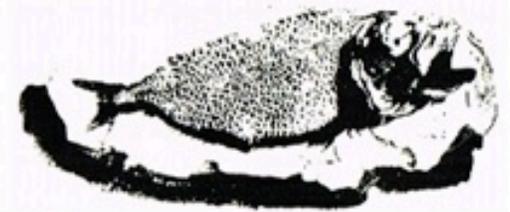


Abb. 14. Die älteste Abbildung eines fossilen Fisches von Bolca aus dem Werk von CERUTI und CHIOCCO von 1622. Es handelt sich um einen Soldatenfisch (*Beryolcensis leptacanthus*). Aus SORBINI (1972).

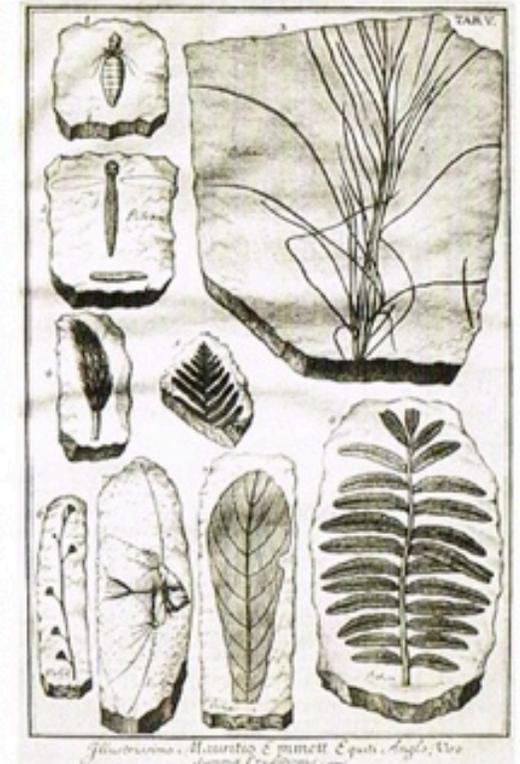


Abb. 15. Fossilien von Bolca aus dem »Herbarium diluvianum« des JOHANN JAKOB SCHEUCHZER von 1707. Aus SORBINI (1972).

der Arzt und Naturforscher ANTONIO VALLISNERI aus Padua, der WOODWARD kritisierte und die Argumente von FRACASTORO wieder aufgriff. Außerdem stellte er die Frage, warum die Fische auf dem Trockenen in den Bergen hätten bleiben und nicht in ihre alten Gefilde zurückkehren wollen, da doch nach der Heiligen Schrift die Wasser der Sintflut langsam sanken. In der Sintflut sah er ein miraculöses Ereignis, das sich nicht in den normalen Naturphänomenen widerspiegeln könne. VALLISNERI war somit einer der ersten, der klar zwischen Wissenschaft und Religion unterschied.

Gegen die Sintfluttheorie wandte sich auch GIANGIACOMO SPADA, der Pfarrer von Grezzana (bei Verona), welcher der Meinung war, dass die Fische von Bolca dort gelebt hätten, wo man sie heute findet, in einer Art großem Becken. Dieses sei von hohen Bergen umgeben gewesen und von herab gleitendem Geröll, Ton und Schlamm allmählich zugefüllt worden, wobei die Fische zugedeckt wurden. So könne auch erklärt werden, dass die Fische in übereinander liegenden Schichten eingeschlossen sind. SPADA besaß eine bedeutende Sammlung von Fossilien aus der Umgebung von Verona, darunter auch Fische von Bolca. 1744 veröffentlichte er einen Katalog der Veroneser Fossilien. Dieser enthält auch eine Kartenskizze der Gegend von Bolca des berühmten Geologen GIOVANNI ARDUINO, der die Gesteine, bzw. die aus ihnen bestehenden Berge und Hügel Oberitaliens in »montes primarii«, »secundarii« und »tertiarii« (daher kommt der Begriff »Tertiär«) einteilte.

Die erste topographische Karte des Umgebungs von Bolca und der Lastrara zeichnete der General und Naturforscher Graf FERDINANDO MARSILI aus Bologna 1725 in einem Brief an VALLISNERI. MARSILI sah die Fische von Bolca als marin an, und ihr vorzüglicher Erhaltungszustand führte ihn zu dem Glauben, sie seien nicht versteinert, sondern wie Mumien ausgetrocknet.

VALLISNERI, SPADA, ARDUINO und MARSILI – auch der Pfarrer von Erbezzo GREGORIO PICCOLI wäre noch zu nennen – gehörten alle zum Freundeskreis um den Marchese SCIPIONE MAFFEI, der in der

ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts das Kulturleben in Verona beherrschte. Eigentlich Literat und Humanist, hatte er auch sehr ausgeprägte naturwissenschaftliche Interessen und pflegte Kontakte zu den besten Spezialisten seiner Zeit. Eine besondere Liebe nährte er zu den Fossilien von Bolca, von denen er eine große Sammlung anlegte. Nach dem Kauf eines Teiles der Lastrara war dies sicher nicht sehr schwierig für ihn. Er leitete auch mehrmals persönlich die Grabungen. 1735 gab er in seinem Werk »Verona illustrata« eine genaue Beschreibung der Fundstelle. MAFFEI erkannte, dass die Fische von Bolca nicht nur marin waren, sondern auch aus verschiedenen Lebensräumen kamen. Eine solche Ansammlung von Fossilien erschien ihm nicht normal und musste auf ein ungewöhnliches Ereignis zurückzuführen sein. MAFFEI nahm an, dass durch vulkanische Kräfte die Berge aus dem Meer gehoben wurden¹. Dabei wäre auch das Meerwasser mit den Fischen gehoben worden. Es hätte sich dann in einer Vertiefung mit begrenzten Ausmaßen wie



Abb. 16. Bildnis des SCIPIONE MAFFEI. Aus FRIGO & SORBINI (1997).

1 Diese Idee geht wohl ursprünglich auf ANTON LAZZARO MORO zurück und stützt sich auf zwei Beobachtungen (HOLDER 1989): Im Jahre 1707 erhob sich im Santorin-Archipel die vulkanische Insel Nea-Kaimeni, die Moro offenbar selbst besucht hatte. Schon 1538 war bei Neapel der Monte Nuovo binnen zweier Tage als vulkanischer Kraterberg entstanden.

in einer Wanne gesammelt. Schließlich wäre es verdunstet, und die Fische wären im Schlamm des Bodens begraben worden.

Bei seinen Ausflügen nach Bolca wurde MAFFEI begleitet von seinem Freund und Privatsekretär JEAN-FRANÇOIS SÉGUIER, einem Franzosen aus Nîmes. SÉGUIER war eigentlich Botaniker und veröffentlichte in mehreren Bänden detaillierte Beschreibungen der Veroneser Flora. Er beschäftigte sich aber auch mit Versteinerungen und war fasziniert von der Schönheit der fossilen Fische von Bolca. Davon zeugt ein bemerkenswertes unvollendetes Manuskript mit dem Titel »Pétrifications du Veronais«, das wahrscheinlich um 1750 in Verona geschrieben wurde und sich heute in der Bibliothek der Stadt Nîmes befindet (GAUDANT 1997). Darin unterstreicht SÉGUIER den marinen Charakter der Fischfauna von Bolca und vertritt die Ansicht, dass die meisten Arten auch in der heutigen Mittelmeerfauna zu finden sind. Wissenschaftshistorisch ist diese Arbeit vor allem deshalb interessant, weil sie zeigt, wie die Fische von Bolca als Argumente für oder gegen die wichtigsten um die Mitte des 18. Jahrhunderts diskutierten geowissenschaftlichen Theorien benutzt wurden. SÉGUIER kritisiert sie alle, ohne allerdings eine eigene Hypothese vorzulegen.

Entschieden weist er die von SCHEUCHZER vertretene Sintfluttheorie zurück. Beim langsamen Zurückgehen der Flut hätten sich die Fische an den tiefsten Stellen, d.h. am Grund der Täler, sammeln müssen. Die Anhöhe des Monte Bolca (Pesciara) sei aber niemals ein Talgrund gewesen, erst recht nicht der viel höhere »Mont de Postaglie« (Monte Postale).

Im Gegensatz zum Katastrophenszenario der Sintflut hatte VALLISNERI ein langsames Zurückweichen des Meeres vermutet, wie es im Po-Delta beobachtet werden kann. Dort schieben sich die Flussaufschüttungen immer weiter in das Meer vor. Gegen diese Hypothese wendet SÉGUIER ein, dass die Fische vom Monte Bolca keine Formen seien, die im trüben Wasser einer Flussmündung leben, sondern zum großen Teil Hochseeformen.

Scharf kritisiert SÉGUIER sodann eine sehr seltsame Theorie, die auf den Engländer EDWARD LHWYD zurückgeht und von dem Luzerner Arzt KARL NIKOLAUS LANG in seinem »Tractatus de Origine lapidum figuratorum« von 1709 entwickelt wurde. Danach gehen versteinerte Fische aus den Eiern von Fischen, die im Grundwasser leben, hervor. Diese Eier seien durch Dampf, der durch die Erdwärme erzeugt worden wäre, hoch in die Berge transportiert worden. Dort seien sie ausgebrütet worden und hätten sich zu versteinerten Fischen entwickelt.

Ebenso wenig befriedigte SÉGUIER die ursprünglich auf ANTON LAZZARO MORO zurückgehende Auffassung, die die Fische enthaltenden Schichten seien durch vulkanische Kräfte in so große Höhe gebracht worden, da er bei Bolca keinerlei Anzeichen einer vulkanischen Aktivität feststellen konnte.

Entschieden weist er auch die alte Vorstellung zurück, welche die Fische als Naturspiele ansieht. Diejenigen, die diese Ansicht vertreten, hätten sich niemals genauer die anatomischen Details angeschaut.

Als SCIPIONE MAFFEI im Jahre 1755 starb, erbte SÉGUIER dessen wertvolle Sammlung, die er seiner Vaterstadt Nîmes schenkte, da er sich entschlossen hatte, dorthin zurückzukehren.

Die charismatische Gestalt von SCIPIONE MAFFEI hatte nicht wenig dazu beigetragen, die Liebe zu den Naturwissenschaften in der so genannten guten Veroneser Gesellschaft zu entzünden (FRIGO & SORBINI 1997). Im 18. Jahrhunderts, vor allem in seiner zweiten Hälfte, kann man im ganzen Veneto, besonders aber in Verona, ein Aufblühen des Interesses für Naturgeschichte beobachten. Naturwissenschaftliche Studien blieben nicht länger ein Vorrecht der Ärzte und Apotheker, sondern begeisterten auch die Mitglieder der adeligen Familien und des Klerus. In der Tat ist es erstaunlich, wie stark sich Geistliche in der naturkundlichen Forschung jener Zeit engagierten.

Das gemeinsame naturkundliche Interesse förderte auch das soziale Leben. Man unternahm zusammen Exkursionen, und wetteiferte im Anlegen von Sammlungen von Insekten, Conchylien, Tierseletten, vor allem aber von Mineralien und Fossilien. Dabei ging es nicht mehr in erster Linie um den Besitz seltener und exotischer Stücke, sondern um eine Dokumentation zur Kenntnis des eigenen Territoriums. In den Salons diskutierte man über Geologie und Botanik, und man pflegte einen regen mündlichen und schriftlichen Meinungsaustausch. Innerhalb der Republik Venedig wurde Verona zu einem Zentrum der Geologie und Paläontologie dank einem großen an naturwissenschaftlichen Fragen interessierten Publikum, aber vor allem durch die Autorität der aus vornehmen Familien stammenden Forscher und Sammler.



Abb. 17. Gemälde des Grafen GIOVANNIBATTISTA GAZOLA im Museo Civico di Storia Naturale di Verona.

Was die Fische vom Monte Bolca betraf, so war man sich weitgehend einig darüber, dass sie marin wären und vulkanische Kräfte sie in ihre jetzige Höhe gebracht hätten. Es gelang aber nicht – im Gegensatz zur Meinung SÉGUIERS – sie rezenten Mittelmeer-Arten zuzuordnen. Man war daher in den Diskussionen in gewisser Weise an einem toten Punkt angelangt. Inzwischen waren jedoch die ersten Beschreibungen und Abbildungen tropischer Fische erschienen, und die Forscher lenkten ihre Aufmerksamkeit in diese Richtung.

1785 schrieb der Augustinerabt ALBERTO FORTIS an den Grafen DE CASSINI, dass drei der von ihm untersuchten Fische Arten zugeordnet werden können, die in den warmen Gewässern um Tahiti lebten, und er forderte die Naturforscher auf, nach weiteren Beweisen für den tropischen Charakter dieser Fauna zu suchen. Dem Brief beigelegt ist ein Verzeichnis von Fischversteinerungen aus der Sammlung des VINCENZO BOZZA mit der Behauptung, dass die meisten den Fischen in der Äquatorzone ähneln. Dies war der Beginn einer heftigen Debatte unter den Gelehrten des Veneto, die bis zum Ende des Jahrhunderts anhielt, wobei überraschenderweise die Sintfluttheorie eine Neubelebung erfuhr.

Auch eine Gruppe Veroneser Naturforscher, die allgemein »Naturalisti Veronesi« genannt werden, war vom tropischen Charakter vieler Fische von Bolca überzeugt. Herausragende Vertreter dieser Gruppe waren VINCENZO BOZZA, der Abt der Kirche Santa Barbara in Mantua SERAFINO VOLTA und der Graf GIOVANNIBATTISTA GAZOLA.

1788 schrieb VINCENZO BOZZA in einem an einen gewissen Pater ROTA gerichteten Brief zum ersten Mal klar und deutlich, dass in Bolca zahlreiche exotische Fische zusammen mit europäischen Arten gefunden wurden. Er war der Meinung, dass man eine solche Faunenmischung nur durch die Sintflut erklären könne, die alle Ozeane in einem einzigen vereint hätte.

1789 erschien eine Arbeit von SERAFINO VOLTA mit einem Katalog der bei Bolca gefundenen Fischarten. Diese Klassifizierung ging davon aus, dass die fossilen Arten mit heute lebenden identisch seien. Der Gedanke an eine Evolution lag noch in weiter Ferne. VOLTA nahm an, dass 60 Arten heutige Vertreter in tropischen Meeren hätten, 26 in europäischen und 11 in nordamerikanischen Gewässern. Er glaubte, dass die Fische weit entfernter Meere während der Sintflut nach Bolca gebracht worden seien, und als Hinweis für einen langen Transport führte er einige schlechter erhaltene Fischversteinerungen an.

Der Abt DOMENICO TESTA bezweifelte dagegen in einem Brief von 1793 die Richtigkeit der Klassifizierung der »Naturalisti Veronesi«. Er hielt die Existenz tropischer Fische in Bolca für unwahrscheinlich und wandte sich gegen die Sintflut-Hypothese; denn mit so geringen Schäden hätten die Fische keinen so langen Transport überstehen können. Er räumte allerdings die Möglichkeit ein, dass einige jener Fische tatsächlich in warmen Gewässern lebten und bot auch eine Erklärung für dieses Mysterium an: Ein Vulkan hätte das Wasser in seiner Umgebung erwärmt und so dort tropischen Fischen das Leben ermöglichen können. Diese hätten sodann durch vulkanische Exhalationen getötet und durch ein Erdbeben in die Gefilde von Bolca transportiert werden können.

Auf diesen Brief antworteten sowohl die »Naturalisti Veronesi« als auch der Abt FORTIS. Erstere bekräftigten die Richtigkeit der Klassifizierung VOLTAS und zum Beweis des langen Transportes bildeten sie einen Fisch ohne Kopf ab, der während der langen Reise aus den tropischen Meeren verloren gegangen sei. FORTIS, der die Sintflut-Hypothese ausschloss, nahm an, dass nicht nur die



Abb. 18. Zwei Titelblattentwürfe der »Ittiolitologia Veronese« von SERAFINO VOLTA in lateinischer und italienischer Sprache mit Zeichnungen zweier Räume des Museum GAZOLA. Originale in der Biblioteca Civica di Verona. Foto: FRANCESCO SORBINI.

Gewässer in der Gegend von Bolca, sondern auch die des Mittelmeeres früher wärmer waren, eine Auffassung, die unserer heutigen bereits nahe kommt. Er wies die Vulkan-Hypothese von TESTA zurück und betonte, dass die Gesteine der Pesciara marin und nicht vulkanisch seien und dass, wenn sie vulkanisch wären, sie keine Fossilien enthalten würden.

Dieser ganze Schriftwechsel wurde 1794 vom Grafen GAZOLA herausgegeben. Obwohl die »Naturalisti Veronesi« die Gelehrten nicht von ihrer Hypothese eines langen Transportes der Fische von Bolca während der Sintflut überzeugen konnten, so wurde doch ihre Feststellung des tropischen Charakters eines großen Teils der Fischfauna von Bolca allgemein akzeptiert.

Schon während dieser Auseinandersetzungen verfolgten die »Naturalisti Veronesi« das große Projekt, alle fossilen Fische von Bolca, die in verschiedenen Privatsammlungen aufbewahrt wurden, in einem Werk abzubilden. Beauftragt wurde damit SERAFINO VOLTA, der seine Arbeit im Jahre 1789 aufnahm. Sein Werk, das unter dem Titel »Ittiolitologia Veronese« in den Jahren 1796 bis 1808 erschien, markiert den Abschluss der Frühzeit der Bolca-Forschung. Es beschreibt 123 Arten und enthält 76 prachtvolle Kupferstichtafeln. Nicht wenige Arten haben auch noch in der modernen Systematik Gültigkeit. Dieses Werk ist die erste große Monographie über fossile Fische, und VOLTA wurde damit zum eigentlichen Begründer der Palichthyologie (Wissenschaft von den fossilen Fischen), lange vor LOUIS AGASSIZ.

4.3 Bolca-Sammlungen

Die bedeutendste Sammlung, auf die sich das Werk VOLTAS stützte, war die des Grafen GIOVANNIBATTISTA GAZOLA. Sie umfasste zur damaligen Zeit etwa 1200 fossile Fische, darunter 400 aus eigenen Aufsammlungen in der Pesciara. Die übrigen kamen durch den Ankauf der Sammlungen

des Marchese GIAN GIACOMO DIONISI und des VINCENZO BOZZA hinzu. Der Graf GAZOLA hatte ein richtiges Naturkundemuseum eingerichtet, das in der »Ittiolitologia Veronese« beschrieben wird. Ein Raum war Insekten und ausgestopften Vögeln, einer den Veroneser Marmorarten, Conchylien sowie fossilen und rezenten Krebsen und einer Mineralien und Gemmen gewidmet. Zwei Räume bildeten das Kabinett der fossilen Fische. Von diesen sind Zeichnungen auf zwei nicht verwendeten Titelblattentwürfen für die »Ittiolitologia Veronese« überliefert². Nach VOLTAS Bericht und diesen Darstellungen war das Museum GAZOLA außergewöhnlich im Hinblick sowohl auf die Größe als auch auf die Ausstattung. Die Fische, streng nach der LINNÉ'schen Systematik geordnet, wurden in Vitrinen ausgestellt, die mit besonderer Sorgfalt gebaut waren, in der klaren Absicht, einen raffinierten ästhetischen Effekt zu erzielen.

Weitere bedeutende Sammlungen von Bolca-Fischen waren in jener Zeit im Besitz der Grafen ROTARI, des Marchese OTTAVIO DI CANOSSA, der die Sammlung des GIULIO MORENI erworben hatte, des Grafen ALESSANDRO BURI und des Grafen IGNAZIO RONCONI.

1797 eroberten die Franzosen unter dem General NAPOLEON BONAPARTE Verona. Ein Großteil der Sammlung GAZOLA, 582 Fossilien aus Bolca, wurde konfisziert und zusammen mit 19 Fischen der Sammlung CANOSSA als Kriegsbeute nach Paris geschickt (FRIGO & SORBINI 1997). Später wurde diese Enteignung legalisiert. Im Jahre 1803 begab sich der Graf GAZOLA, nunmehr Bürger GAZOLA und Präsident des Stadtrates von Verona, nach Paris, um mit dem Geschenk seiner Sammlung im Namen der Stadt das Wohlwollen BONAPARTES, der inzwischen Erster Konsul geworden war, zu gewinnen. NAPOLEON nahm das Geschenk an und beauftragte durch seinen Innenminister den Bürger GAZOLA, der Stadt Verona dafür zu danken.

Der Graf Gazola konnte seine Sammlung sehr schnell wieder ergänzen sowohl durch Neufunde als auch durch Ankauf der Sammlung des Grafen IGNAZIO RONCONI.

Im Jahre 1892 kaufte die Stadt Verona die Sammlung GAZOLA, die inzwischen größer als die erste war, für das Museo Civico di Storia Naturale. Dieses Museum erwarb 1903 auch einen Teil der Sammlung CANOSSA – der übrige Teil wurde von Händlern aufgekauft und in die ganze Welt verstreut – sowie einige weitere Sammlungen. In neuerer Zeit kam noch die bedeutende Sammlung von GIUSEPPE BAJA hinzu (SORBINI 1983). Das Museo di Storia Naturale von Verona verfügt damit heute über die weitaus größte Sammlung von Bolca-Fossilien in der Welt.

Die zweitgrößte Sammlung ist die des geologischen Instituts der Universität Padua, deren Grundstock im 19. Jahrhundert auf Betreiben des Barons ACHILLE DE ZIGNO gelegt wurde und die durch Integration weiterer Sammlungen beträchtlich vermehrt wurde. An dritter Stelle steht sicher die Sammlung des Muséum National d'Histoire Naturelle in Paris, die im Wesentlichen die Stücke des alten Museums GAZOLA umfasst. Darüber hinaus befinden sich Fische von Monte Bolca heute in vielen Museen der Welt (siehe BLOT 1969).

In Bolca selbst zeigt das Museo dei Fossili dem Besucher einen repräsentativen Querschnitt der Funde. Es wird wissenschaftlich vom Museum in Verona, technisch von der Familie CERATO betreut.

4.4 Die Erforschung der Fische im 19. und 20. Jahrhundert

Die nach Paris überführte Sammlung GAZOLA erregte dort natürlich das Interesse von GEORGES CUVIER, dem Begründer der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Dieser hatte ursprünglich die Absicht, darüber selbst eine große Monographie zu veröffentlichen, überließ diese Arbeit aber dann dem Schweizer LOUIS AGASSIZ, der in den Jahren 1831 und 1832 das Museum in Paris besuchte. AGASSIZ, der in zahlreichen Sammlungen Europas die fossilen Fische studiert hatte, gab in den Jahren 1833 bis 1844 sein monumentales Tafelwerk »Recherches sur les Poissons Fossiles« heraus, dass

² Diese Entwürfe befinden sich in der Biblioteca Civica di Verona und wurden dort vom früheren Direktor des Museo Civico di Storia Naturale Dr. LORENZO SORBINI und seiner Frau Dr. MARGHERITA SORBINI FRIGO entdeckt. Sie erlaubten u. a. die Identifizierung der Gemälde, die zur Dekoration der Vitrinen dienten und später von den Erben des Grafen GAZOLA der Stadt Verona überlassen wurden. Die Titelblattentwürfe wurden wohl aus Kostengründen nicht verwendet; denn die Anfertigung von Kupferstichen war sehr kostspielig, und der Druck der Fischtafeln schon teuer genug. Fotos der Entwürfe wurden dem Verfasser dankenswerterweise von Frau Dr. SORBINI FRIGO zur Verfügung gestellt.



Abb. 19. JACQUES BLOT (1924–1988). Mit freundlicher Genehmigung von Frau M. J. BLOT.



Abb. 20. LORENZO SORBINI (1939–1997). Mit freundlicher Genehmigung von Frau Dr. M. SORBINI FRIGO.

die Grundlage aller späteren Arbeiten über fossile Fische wurde. Die wichtigsten Ergebnisse dieses Standardwerks der Fischkunde waren außer der Aufstellung Hunderter neuer Arten die Erkenntnis, dass die fossilen Fische keine Vertreter in der heutigen Fischfauna haben, und die Schaffung einer neuen Fischsystematik, die sich auf die Merkmale der Schuppen gründet. Was die Fische von Bolca betrifft, die einen großen Teil des Werkes ausmachen, so kritisierte AGASSIZ die Klassifikation von VOLTA und beschrieb 127 Arten und 77 Gattungen. Von VOLTAS Arten sah er – etwas voreilig – nur eine als gültig an, eine Auffassung, die EASTMAN 1905 revidierte, indem er wieder etliche der Artnamen VOLTAS für gültig erklärte (BLOT 1969). AGASSIZ bestätigte den tropischen Charakter der Fauna, die nach seiner Ansicht in eine Epoche zwischen Kreide und Tertiär zu stellen war. Das wurde 1850 von ACHILLE DE ZIGNO korrigiert, der das eozäne Alter der Fossilagerstätte erkannte.

Nach AGASSIZ haben sich zahlreiche weitere Autoren mit den Fischen von Bolca beschäftigt (siehe BLOT 1969). Der Beginn einer modernen systematischen Bearbeitung ist vor allem BLOT und SORBINI zu danken.

JACQUES BLOT war wissenschaftlicher Mitarbeiter des Muséum National d'Histoire Naturelle in Paris, wo er u. a. die Fische der Sammlung GAZOLA zu betreuen hatte. 1963 kam er zum ersten Mal nach Verona, wo er überwältigt war vom Reichtum der dortigen Sammlung. Die nächsten 25 Jahre bis zu seinem leider sehr frühen Tod im Jahre 1988 widmete er sich dem Studium der Fische von Monte Bolca, wobei er eine neue Methodik der Untersuchung einführte. Seine Arbeiten erschienen größtenteils in der vom Museum in Verona herausgegebenen Reihe »Studi e ricerche sui giacimenti terziari di Bolca«, welche 1969 vom damaligen Direktor SANDRO RUFFO begründet wurde.

BLOTS wissenschaftliches Erbe trat LORENZO SORBINI an, der seit 1966 zunächst als sein Schüler, später als sein Kollege, sich am Studium der Fische beteiligte. Freilich hatte SORBINI, der 1969 Konservator der geologischen Abteilung und 1983 Direktor des GesamtMuseums wurde, noch viele

andere Aufgaben zu erfüllen, und auch er starb leider viel zu früh, im Jahre 1997 im Alter von 59 Jahren. So konnte auch er das gigantische Werk einer modernen Bearbeitung der Fischfauna von Bolca nicht beenden. Diese Arbeit wird heute fortgesetzt von JAMES TYLER (Smithsonian Institution, Washington), ALEXANDER F. BANNIKOV (Paläontologisches Institut der Akademie der Wissenschaften, Moskau), LOUIS TAVERNE (Universität Brüssel) und DAVID BELLWOOD (James Cook University, Townsville, Queensland, Australien).

5. Die Fossilien

5.1 Die Fische

Es waren die Fische von großem ästhetischen Reiz, welche den Namen »Monte Bolca« weltweit bekannt gemacht haben. Der König unter ihnen ist zweifellos der »Pesce angelo«, der Engelsfisch (*Eoplatax papilio*), der eine Höhe von 70 cm erreichen kann und sicher zu den schönsten Fischversteinerungen überhaupt zählt. Er gehört zu den Fledermausfischen, die noch heute in flacheren Gewässern des Indopazifik leben.

Die Zahl der Monte-Bolca-Fischarten beträgt mittlerweile mehr als 300 (MUSCIO & TINTORI 2005). Das ist ungewöhnlich hoch für eine Fossilagerstätte, wo normalerweise höchstens einige Zehner verschiedener Fischarten gefunden werden. Diese Arten gehören zu 140 Gattungen in etwa 90 Familien und 19 Ordnungen. Fast alle Ordnungen existieren noch in der heutigen Fischfauna. Eine Ausnahme bilden nur die Pycnodontiformes (Dickzähner), welche den Höhepunkt ihrer Entwicklung im Mesozoikum hatten und deren Vertreter in Bolca die stammesgeschichtlich letzten überhaupt sind. Von den Familien haben 80 % noch rezente Vertreter, von den Gattungen aber nur noch 30 %, und die in Bolca vorkommenden Arten sind heute sämtlich ausgestorben, obwohl in manchen Fällen die anatomischen Unterschiede zu lebenden Arten minimal sind (LANDINI & SORBINI 1996). Man kann zusammenfassend sagen, dass die fossile Fischfauna von Bolca der heutigen tropisch-subtropischen Fischfauna sehr ähnlich ist.

Die Fischfauna ist von erstaunlicher Vielfalt, was darauf hinweist, dass sie aus verschiedenen Lebensräumen stammt. Die Anatomie der Fische erlaubt Rückschlüsse darauf, wie sie schwammen und wie sie sich ernährten. So deuten spindelförmige Gestalt und tief gegabelte Schwanzflosse auf schnelle Schwimmer hin, während hochrückige Formen mit ungegabelter Schwanzflosse langsame Schwimmer waren, aber über eine gute Manövrierfähigkeit in einem strukturierten Milieu verfügten (*Eoplatax*, *Ceratoichthys*, *Mene*). Auch die Flossenstellung ist wichtig. So gestattete die bei den Barschartigen zu beobachtende Position der Bauchflossen direkt unter den Brustflossen eine Bewegung in alle Richtungen (nach vorn, hinten, oben und unten), d.h. ein Manövrieren auf engem Raum. Über die Ernährung gibt vor allem das Gebiss Aufschluss. Während Raubfische sich im allgemeinen durch kräftige, kegelförmig zugespitzte Zähne auszeichnen, besaßen Planktonfresser nur winzige oder gar keine Zähne. Fische mit einem Pflasterzahngewiss wie die Dickzähner (*Pycnodon*) oder mit Zahnplatten wie Kugelfische (*Tetraodon*) und Igelfische (*Diodon*) waren auf hartschalige Nahrung spezialisiert.

Die bei weitem dominierende Gruppe sind die Heringsfische (Clupeidae). Sie sind aber in den Sammlungen unterrepräsentiert, weil ihre Vertreter meist klein und unspektakulär sind und deshalb vielfach nicht aufgehoben wurden. Sie bildeten große Schwärme, die das offene Wasser bevölkerten.

Bewohner des offenen Wassers waren auch die schnell schwimmenden Thunfische, Makrelen und Stachelmakrelen (z.B. *Carangopsis*) sowie die räuberischen Barrakudas (*Sphyræna*) und Haie (Lamniformes). Die extrem schlanken »Schnabelfische« (*Blochius longirostris*) und »Hornhechte« (*Holosteus esocinus*) warteten dicht unter der Wasseroberfläche auf Beute, die sie mit einer raschen Bewegung fingen. Die schlanke Gestalt ist eine Art der Tarnung. Aus der Fischperspektive, von unten gegen das Wellenspiel der Wasseroberfläche gesehen, wurden die Räuber nicht wahrgenommen. Die ebenfalls an der Wasseroberfläche lauenden Halbschnabelhechte (*Hemirhamphus*) waren wohl wie ihre heutigen Verwandten auf anfliegende Insekten spezialisiert.

Die meisten Fische, so auch die typischen Bolca-Fische *Mene rhombea*, *Ceratoichthys pinnatiformis* und Engelsfisch (*Eoplatax papilio*), dürften sich eher in Bodennähe aufgehalten haben, wo sie bei Gefahr zwischen Tangen und Seegräsern leichter Deckung fanden. In Seegraswiesen waren auch die Seenadeln (*Syngnathus*), Flötenfische (*Fistularioides*) und Schnepfenmesserfische (*Paraeolis-*

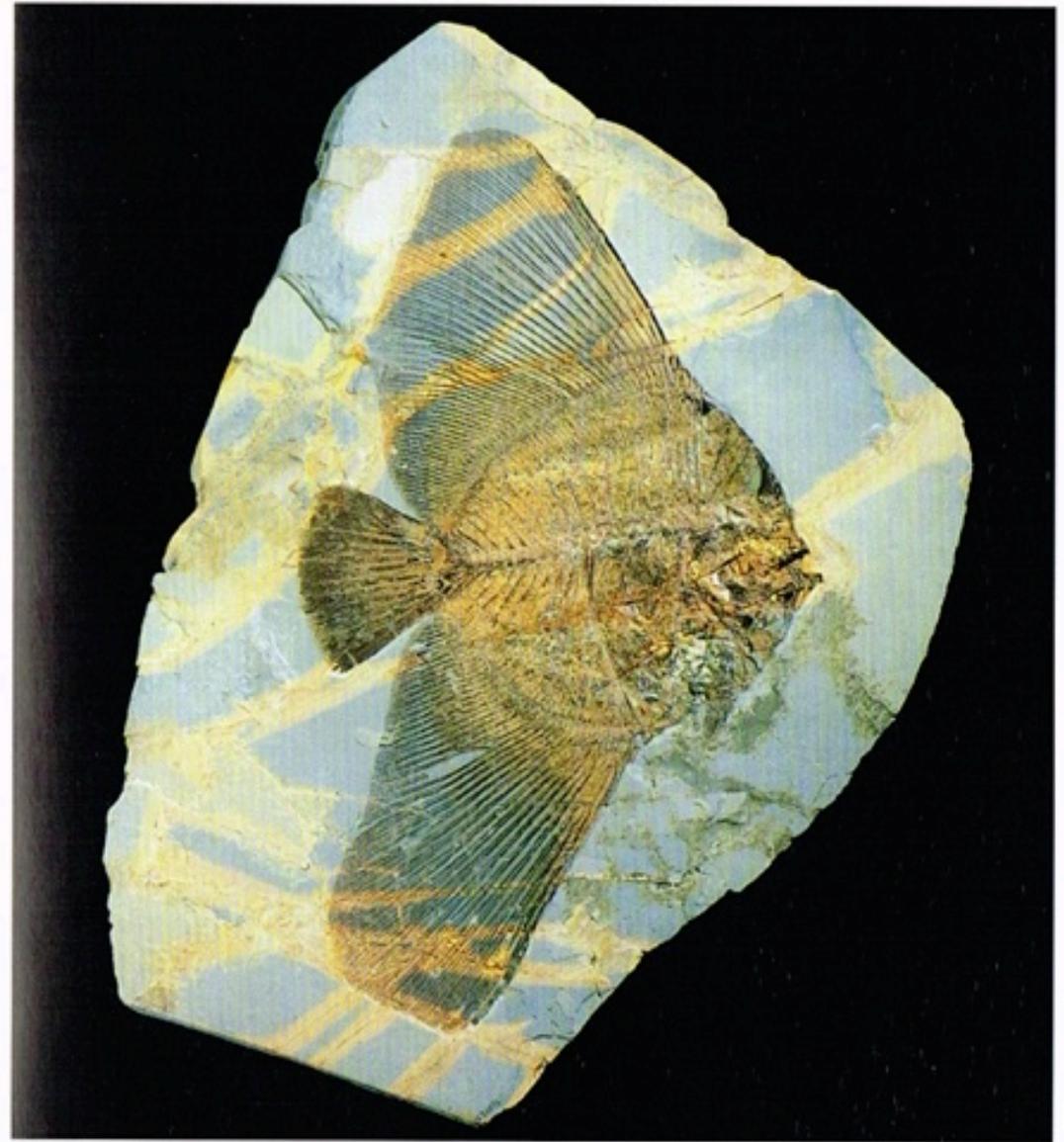


Abb. 21.

Der Engelsfisch *Eoplatax papilio* zählt zu den schönsten Fischversteinerungen. Länge: 39,5 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

cus) gut getarnt. Die pflanzenfressenden Doktorfische (Acanthuridae) und Kaninchenfische (z.B. *Ruffoichthys*) weideten Algen ab, während Dickzähner (*Pycnodon*), Kugelfische (*Tetraodon*) und Igelfische (*Diodon*) und andere Jagd auf am Boden lebende Mollusken, Krebse und Seeigel machten. Direkt auf Sandböden lebten Rochen (*Platyrrhina*, *Trygon*), Plattfische (*Eobothus*), Flughähne (*Pterygocephalus*), Anglerfische (*Lophius*) und Aale (*Anguilliformes*).

Aale bzw. Muränen könnten aber auch in Rifflöhlen gelebt haben, und viele andere Monte-Bolca-Fische haben große Ähnlichkeit mit heutigen Korallenfischen. So verwundert es nicht, dass diese früher mit Korallenriffen in Verbindung gebracht wurden. Die fossilführenden Schichten der Pesciara

und des Monte Postale wurden als Ablagerungen in einer Backreef (Rückriff)-Lagune (SILIOTTI 1971, SORBINI 1972, LANDINI & SORBINI 1996) oder gar einer Korallenatoll-Lagune (STANGHELLINI 1968) angesehen.

Der australische Meeresbiologe BELLWOOD (1996) verglich die relative Häufigkeit von zehn typischen Korallenfisch-Familien in Monte Bolca und am Großen Barriereriff vor der australischen Ostküste. Es ergab sich, dass die folgenden acht Familien auch in Bolca vorhanden sind: Soldaten- und Husarenfische (Holocentridae), Spatenfische (Ephippidae), Doktorfische (Acanthuridae), Kardinalbarsche (Apogonidae), Zackenbarsche (Serranidae), Grundeln (Gobiidae), Lippfische (Labridae) und Riffbarsche (Pomacentridae). Es fehlen jedoch zwei Familien, nämlich die Papageifische (Scaridae), welche abgestorbene Korallen nach Algen abgrasen, und die Falterfische (Chaetodontidae), welche gern lebende Korallenpolypen verspeisen. Allerdings wurde inzwischen von LANDINI & SORBINI (1996) ein Exemplar eines Falterfisches in ihrer Fossilliste gemeldet. Wenn auch hinsichtlich der vorkommenden Familien die Fischfauna von Monte Bolca der heutiger Korallenriffe ähnelt, so bestehen hinsichtlich der relativen Häufigkeit der einzelnen Familien doch erhebliche Unterschiede. So sind die heute vorherrschenden Riffbarsche in Bolca nur gering vertreten, während Soldaten- und Husarenfische, die an heutigen Riffen eher zurücktreten, stark dominieren. Solche Unterschiede sind eigentlich zu erwarten; denn zwischen dem unteren Eozän und heute liegen 50 Millionen Jahre. Immerhin scheint die Häufigkeit von Soldatenfischen (z.B. *Beryboldensis*) bei Bolca ein Argument für das Vorhandensein irgendwelcher Riffe in der weiteren Umgebung zu sein; denn diese Fische waren wahrscheinlich wie ihre heutigen Verwandten dämmerungs- und nachtaktiv und verbargen sich tagsüber in Spalten und Höhlen, die in Riffen reichlich vorhanden sind (siehe auch LANDINI & SORBINI 1996). Ein weiteres Argument für Riffe sind einige von BLOT & VORUZ (1975) beschriebene Halbfalterfische (*Eozanclus*) von Monte Bolca, deren heutige Vertreter nur an Korallenriffen vorkommen. BELLWOOD kommt daher zu dem Schluss, dass die Fossilgemeinschaft von Monte Bolca eine Korallenriff-Fischgemeinschaft ist oder zumindest eine starke Komponente einer solchen enthält.

LANDINI & SORBINI (1996) stellten zwar auf Grund einer ökologischen Analyse der Fischfauna von Monte Bolca auch einen deutlichen Riffeinfluss fest, vermuteten ein Korallenriff aber erst in größerer Entfernung, gegen das offene Meer zu. Sie verweisen auf den starken Süßwassereinfluss, der sich auch auf die Fischfauna erstreckt. Die heutigen Verwandten folgender bei Bolca vorkommenden Gattungen leben im Brackwasser von Flussmündungen bzw. sogar im Süßwasser: *Scatophagus*

Abb. 22.

Die *Exellia vettera* (=Segelträger-) ist durch die im vorderen Teil stark erhöhte Rückenflosse charakterisiert und gehört ebenfalls zu den besonders schönen Fischen von Bolca. Sie hat Ähnlichkeit mit Fischen, die heute in einem strukturierten Milieu wie einem Korallenriff leben. Länge: 13,5 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

Abb. 23.

Die *Mene rhombea* ist einer der häufigsten und schönsten Fische von Bolca. Die ersten Flossenstrahlen der zurückgebildeten Bauchflossen sind extrem stark verlängert und hatten wohl eine Tastfunktion. Die Familie Menidae war im Alltertiär weit verbreitet, ist heute aber nur noch durch eine Art, die *Mene maculata*, vertreten, die in den Küstengewässern des Indopazifik vorkommt. Länge des abgebildeten Exemplars: 17,5 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

Abb. 24.

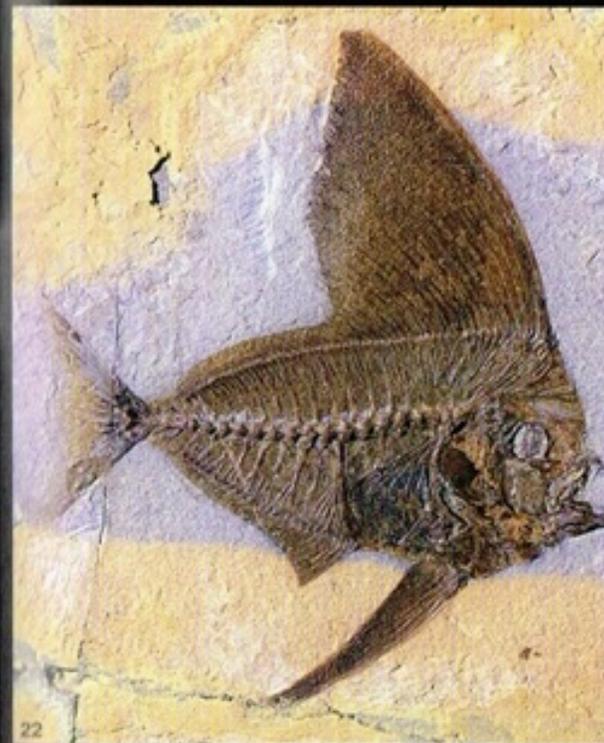
Der sehr seltene und attraktive *Ceratoichthys pinnatiformis*, benannt nach der Familie Cerato, gehört wie *Carangopsis* zu den Stachelmakrelen (Carangidae) und zeigt die große Variabilität dieser Familie. Er dürfte sich in einem strukturierten Milieu in Bodennähe aufgehalten haben. Länge dieses noch jugendlichen Exemplars: 17,5 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

Abb. 25.

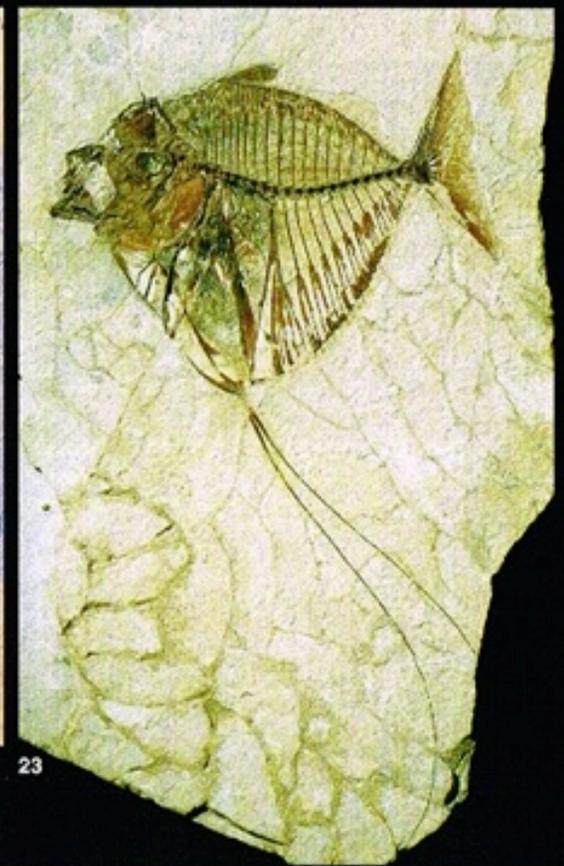
Pycnodon platessus gehört zur Gruppe der Pycnodontiformes (Dickzähler), die im Mesozoikum weit verbreitet waren. Aus Bolca sind die stammesgeschichtlich jüngsten Vertreter bekannt. Das Pflasterzahngebiss war zum Zermahlen hartschaliger Mollusken gut geeignet. Länge: 6,1 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

Abb. 26.

Der Igelfisch *Diodon tenuispinus* war ebenfalls auf hartschalige Nahrung spezialisiert. Länge: 6,8 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.



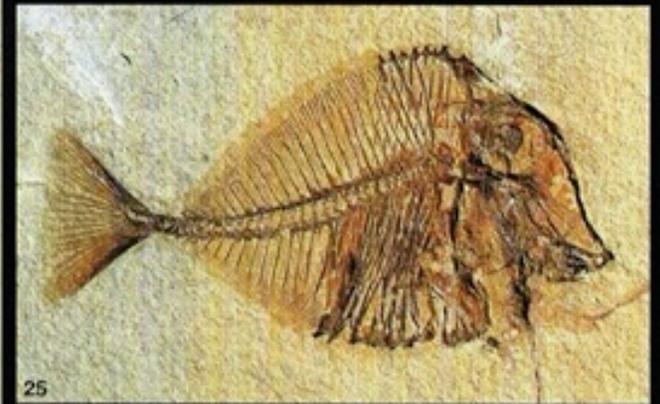
22



23



24



25



26

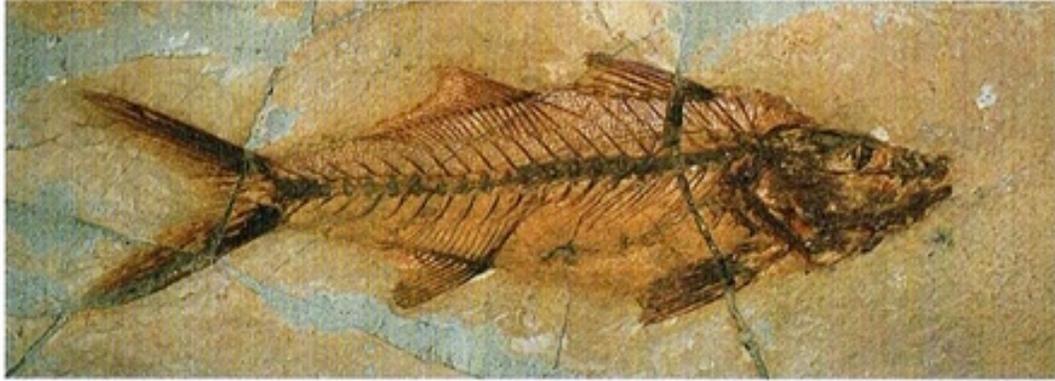


Abb. 27.
Die spindelförmige Gestalt und die gegabelte Schwanzflosse dieser Stachelmakrele (*Carangopsis dorsalis*) verrät einen guten Schwimmer, der sicher in Schwärmen das offene Wasser durchstreifte. Länge: 17 cm. Foto: Museo di Storia Naturale, Verona.

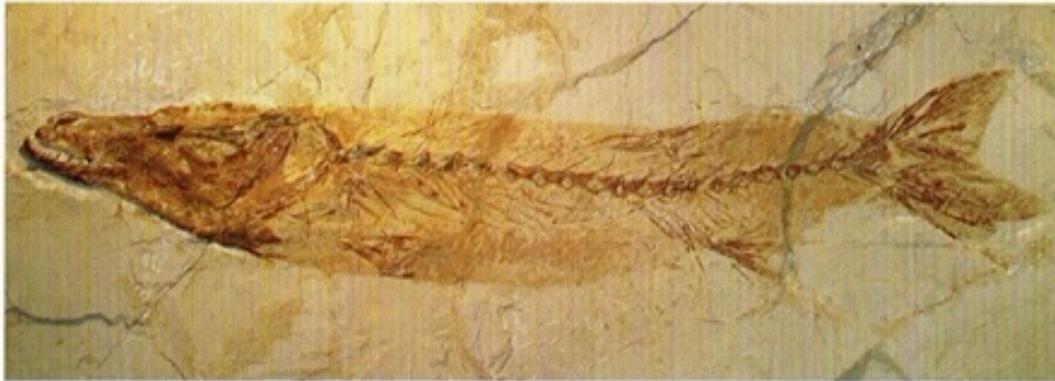


Abb. 28.
Ein Barrakuda (*Sphyræna boicensis*), dessen große Zähne eine räuberische Lebensweise anzeigen. Länge: 76 cm.



Abb. 29.
Der Hai *Galeorhinus cuvieri*. Länge: 100 cm.

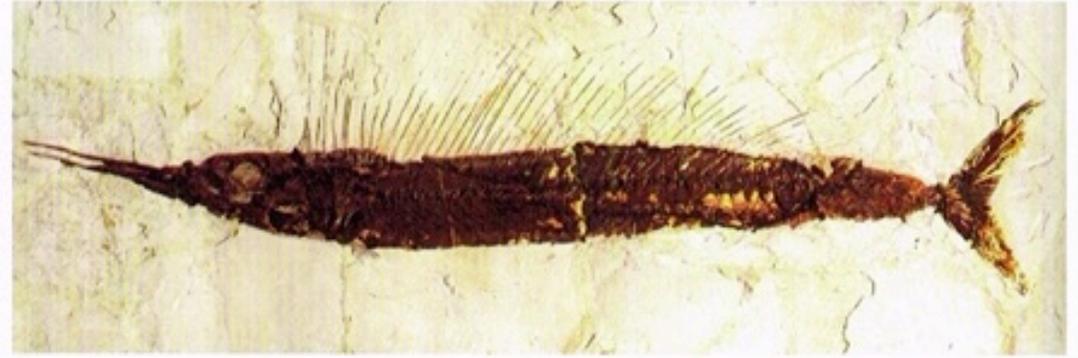


Abb. 30.
Ein »Schnabelfisch« (*Blochius longirostris*). Länge: 53 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

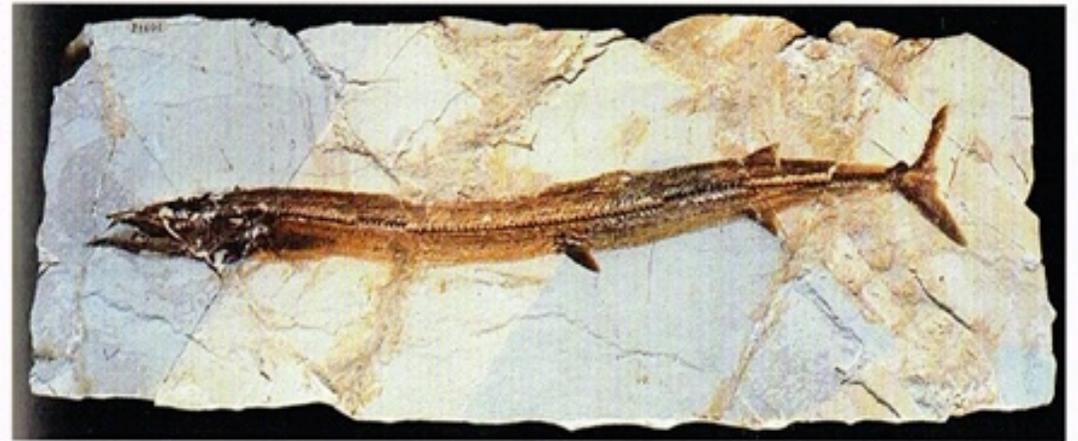


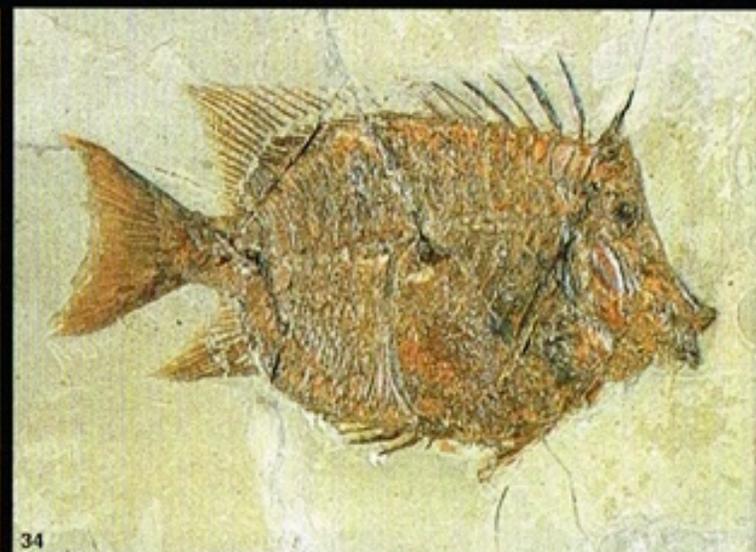
Abb. 31.
Der »Hornhecht« *Holosteus esocinus*. Länge der Platte: 60 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.



Abb. 32.
Der Flötenfisch *Fistularioides veronensis*. Flötenfische sind Meister der Tarnung. Da sie infolge ihres dünnen Körpers nicht gesehen werden, können sie sich sehr nahe an ihre aus anderen Fischen bestehende Beute heranpirschen. Länge: 23,4 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.



33



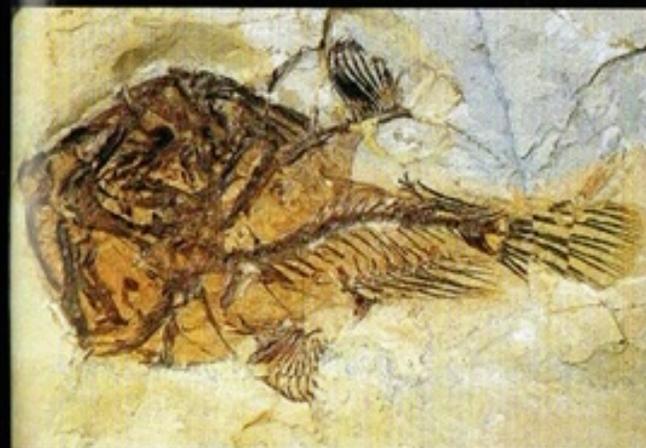
34



35



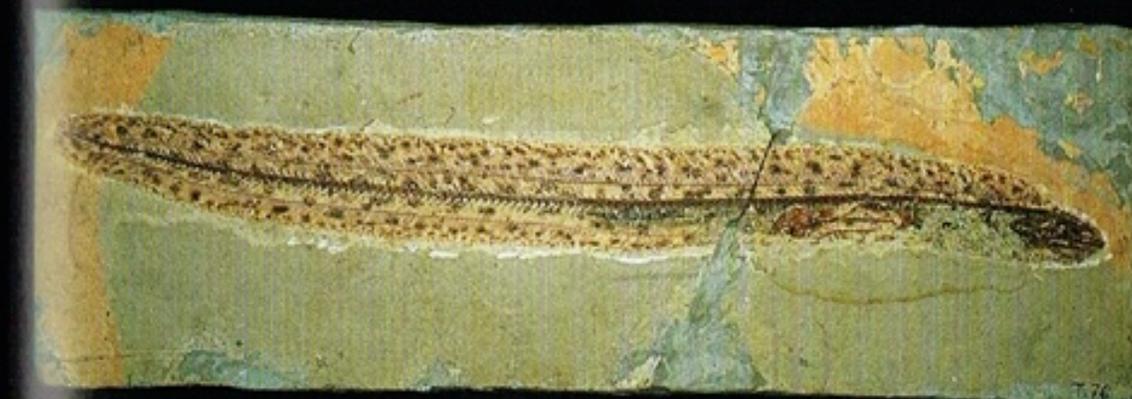
36



37



38



39

Abb. 37.
Der Anglerfisch *Lophius(?) brachysomus*. Länge: 18,5 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale.

Abb. 38.
Der Kardinalbarsch *Eosphaeramia margaritae*. Länge: 4,5 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

Abb. 39.
Die Muräne *Paranguilla tigrina* mit den Resten mehrerer gefressener Fische im Magen. Für diese Art besonders typisch ist die Erhaltung der ursprünglichen Pigmentierung, die manchmal auch bei anderen Fischen vorkommt. Die dunklen Flecken entsprechen einer Konzentration von Zellen, die den schwarzen Farbstoff Melanin produzierten. Länge: 38 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

◁ **Abb. 33.**
Der Schnefelmesserschiff *Paraeoliscus robinetae*, dessen Kopf in normaler Schwimmhaltung, wie bei seinen heutigen Verwandten, nach unten gerichtet war. Zwischen Algen und Seegräsern war er so gut getarnt. Länge: 10 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

Abb. 34.
Der Doktorfisch *Naseus rectifrons* weidete Algen ab. Länge: 24,3 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

Abb. 35.
Der Plattfisch *Eobothus minimus*. Länge: 6,1 cm. Foto: Museo Civico di Storia naturale, Verona.

Abb. 36.
Der Rochen *Trygon muricata*. Länge: 74 cm. Foto: Museo di Storia Naturale, Verona.



Abb. 41.
Eolates gracilis ist ein Verwandter des heutigen Nilbarsches und ging wohl auch ins Süßwasser. Länge: 17,4 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale.

Abb. 42.
Psettopsis subarcuatus gehört zu den Flossenblättern (Monodactylidae), deren heutige Vertreter in Flussmündungen ablaichen. Länge: 45 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.



41

Abb. 40.
Eine Platte mit größeren Soldatenfischen (Holo-centridae) und kleineren sardinenähnlichen Fischen (Clupeiformes). Die Soldatenfische fallen durch ihre großen Augen auf, was dafür spricht, dass sie nacht- und dämmerungsaktiv waren. Alle Fische dieser Platte waren Opfer eines Massensterbens, eines sonst in Bolca seltenen Ereignisses. Maße der Platte: 9 x 15 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale.



42

(Argusfisch), *Cyclopoma* (Zackenbarsch) und *Eolates* (Glasbarsch), ein Verwandter des Nilbarsches (*Lates niloticus*). Auch die Flossenblätter (*Psettopsis*) dürften, wie ihre heutigen Vertreter, zum Abtauchen in die Flussmündungen gegangen sein. Der starke Süßwassereinfluss, der sich auch in den eingeschwemmten Pflanzen bemerkbar macht, spricht auf jeden Fall gegen ein größeres Korallenriff in der Nähe.

TINTORI et al. (2005) wenden sich gegen die traditionelle Deutung des Ablagerungsraumes von Bolca als Rückriff-Lagune und betonen, dass es im ganzen italienischen Voralpenraum keine Spuren eines eozänen Riffs gibt. In wissenschaftlichen Grabungen am Monte Postale, die in den Jahren 2003 bis 2005 in Zusammenarbeit zwischen dem Museo Civico di Storia Naturale di Verona und dem Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano stattfanden (ZORZIN 2006), wurden in der Tat nur sehr wenige Korallen, einzeln oder in kleinen Kolonien von maximal 10-15 cm Länge, gefunden (persönliche Mitteilung von Prof. TINTORI aus Mailand, dem wissenschaftlichen Leiter der Grabung).

Wie lassen sich nun die scheinbaren Widersprüche der Befunde erklären? Sicher wird man sich von der Vorstellung von Monte Bolca als einer Korallenriff-Lagune verabschieden müssen. Im Lebensraum der Fische waren sicher Seegras- und Algenwiesen neben nackten Sandböden weit verbreitet. Es scheint aber – wenn auch in beschränktem Umfang – sehr kleine, fleckenhafte Korallenriffe gegeben zu haben, die bei Stürmen immer wieder zerstört wurden. In Sturmfluten, so genannten Tempestiten, wurden auch in der Pesciara Fragmente solcher Riffe mit Korallen und inkrustierenden Algen gefunden (MASSARI & SORBINI 1975). Derartige Kleinriffe würden sicher ausreichen, um die oben skizzierten Besonderheiten der Fischfauna zu erklären. Man sollte allerdings nicht mehr von einer Korallenfischfauna, sondern nur noch von einer subtropischen Fischfauna sprechen.

5.2 Die Flora

Die Pesciara hat nicht nur Fische geliefert, sondern auch eine erstaunliche Fülle von Pflanzen. Unter den vielen Tausenden von Funden finden sich Pflanzen des Meeres, des Süßwassers und des Festlandes. Insgesamt hat die Flora einen tropischen Charakter und ähnelt der Pflanzenwelt, die heute in Gewässern und auf Inseln des Indopazifik anzutreffen ist, sie enthält aber auch einige Elemente eines gemäßigt-maritimen Klimas.

Zahlreich sind Meeresalgen, die offenbar größere Bestände bildeten, unter ihnen Rotalgen, wie *Delesseriites* und *Pterigophycos*, Grünalgen, wie *Aristophycos*, und Braunalgen, wie das eigenartige Medusenhaupt *Postelsiopsis caput medusae*. Auch Wirtelalgen (Dasycladaceen), die in sehr flachem Wasser von wenigen Metern Tiefe wachsen, sind nachgewiesen (ALESSANDRELLO 1990).

Charakteristisch sind auch mehrere Arten von *Halochloris*, einer ausgestorbenen Gattung der einkeimblättrigen Familie Naiadaceen, deren heutige Vertreter sowohl im Süßwasser als auch im Salzwasser wachsen (SORBINI 1972). Im warmen Meer des Eozäns bildeten sie offenbar in der Nähe der Pesciara Seegraswiesen, ähnlich denen der heutigen *Posidonia*.

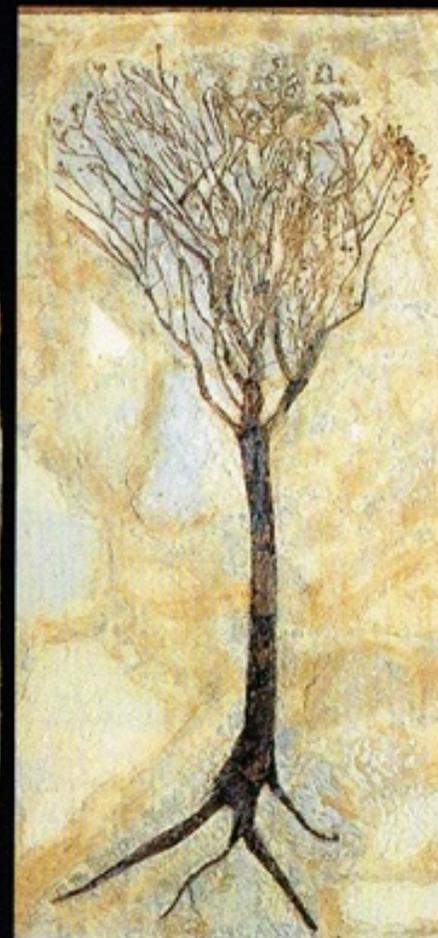
Bemerkenswert ist auch das Vorkommen von Süßwasserpflanzen, die offenbar von Flüssen herantransportiert wurden. Dazu gehört *Maffeia*, deren heutige Verwandte in großen Flüssen Süd-



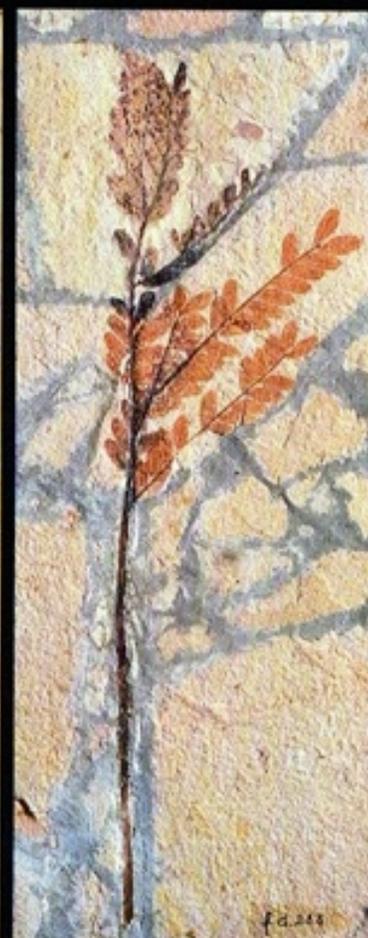
Abb. 43. Das Medusenhaupt *Postelsiopsis caput medusae* ist eine Braunalge. Sie wird häufig in der Pesciara gefunden und bildete offenbar größere Bestände. Höhe: 32 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.



44



45



46

Abb. 44.

Halochloris veronensis war eine einkeimblättrige marine Pflanze, die den heutigen Seegräsern (*Posidonia*) ähnelt und wie diese im flachen Wasser ausgedehnte Wiesen bildete. Höhe: 66 cm. Foto: Museo di Storia Naturale, Verona.

Abb. 45.

Die Süßwasserpflanze *Maffeia ceratophylloides* gehört zu den Podostemeen. Ihre heutigen Verwandte kommen in großen Flüssen Südamerikas vor. Die Blüten sitzen am Ende der Sprosse. Sie erschienen bei Niedrigwasser, um eine Befruchtung an der Luft zu ermöglichen.

Abb. 46.

Ein Zweig von *Caesalpinia eocenica*. Diese Pflanze gehört zu den Schmetterlingsblütlern und ist eine Verwandte des Johanniskrautbaumes. Länge: 22 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

amerikas wachsen, ebenso wie *Eichhorniopsis*, die der heutigen Wasserhyazinthe³ *Eichhornia crassipes* sehr ähnlich ist.

Vielfältig sind auch Blätter, Zweige und Früchte von Landpflanzen, die eingeschwemmt oder bei Stürmen eingeweht wurden. Darunter sind Feigen (*Ficus*), *Eucalyptus*, Johanniskrautgewächse (*Caesalpinia*),

³ Die heutigen Wasserhyazinthen bevölkerten ursprünglich nur Seen und stagnierende Gewässer Brasiliens, haben sich dann aber über die ganzen Tropen ausgebreitet, wo sie teilweise zur großen Plage geworden sind.



Abb. 47.
Blatt von *Ficus bolcensis*, einer Feigenart. Länge: 6 cm.
Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

große kokosnussähnliche Früchte (*Fracastoria*) und viele andere. Auch eine Verwandte unserer Weinrebe kommt vor.

Die reiche Flora der Pesciara wurde im 19. Jahrhundert von ABRAMO MASSALONGO (1824–1860) untersucht, der trotz seines kurzen Lebens eine außergewöhnliche und vielseitige Forscherpersönlichkeit war. Ihm verdanken wir unter anderem das erste paläontologische Werk, welches vollständig mit Fotografien illustriert und unter dem lateinischen Titel »Specimen photographicum animalium quorundam plantarumque fossilium agri veronensis« erschienen ist. MASSALONGO unterschied 105 Gattungen und 277 Arten von Pflanzen, deren Verwandte sich heute auf Asien, Australien, Afrika und Südamerika verteilen. Ob alle Arten einer modernen Neubearbeitung, die sehr wünschenswert wäre, standhalten würden, ist ungewiss.

Im Laufe seiner paläobotanischen Studien trug MASSALONGO eine sehr bedeutende Sammlung zusammen, die 1863, nach seinem Tod, von der Stadt Verona angekauft wurde und den ersten Kern des Museo di Storia Naturale bildete (SORBINI FRIGO & SORBINI 1999).

5.3 Die übrigen Fossilien

Außer Fischen wurden in der Pesciara auch andere fossile Tiere gefunden, die größtenteils auch erstmals MASSALONGO studiert hat. Sie vervollständigen das Bild dieser Fossilagerstätte.

Bemerkenswert ist die Erhaltung von einigen Medusen. Schnecken und Muscheln sind in den Plattenkalken extrem selten und wurden sicher von benachbarten Arealen eingeschwemmt. Die Tintenfische sind durch ein Exemplar repräsentiert.

Die Würmer, die durch ALESSANDRELLO (1990) revidiert wurden, gehören fast alle zu den räuberischen Polychaeten (Borstwürmern), einer zu den Egel.

Die Krebse werden durch Langusten, Krabben, Heuschrecken, Garnelen und Asseln vertreten. Nach SECRETAN (1975) sind einige Asseln aus der Familie Sphaeromidae als Brackwasserformen anzusehen.

Auch manche Insekten gelangten in die Ablagerungen der Pesciara. Man kann davon ausgehen, dass alle ertrunken sind und sich ihre Tracheen aktiv mit Wasser füllten. Nur so konnten sie schwer werden und zum Boden absinken. Unter den Funden sind Vertreter der Heuschrecken, Libellen, Wanzen, Käfer, Wespen, Mücken, Fliegen und Termiten. Letztere haben eine Bedeutung als Klimaindikatoren, da sie ein tropisches Klima anzeigen. Von besonderem Interesse ist der Fund einer Maulwurfsgrille (*Gryllotalpa*), welche die bislang älteste ihrer Gattung ist.

Schließlich kamen in der Pesciara auch Schlangen (*Archaeophis*) und Vogelfedern ans Tageslicht.

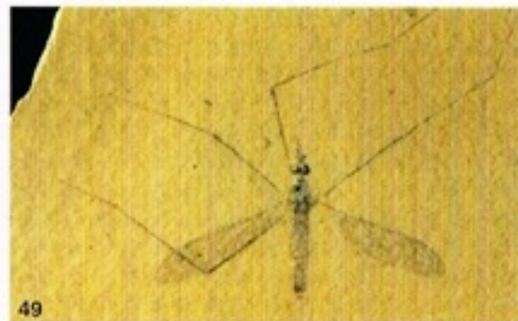
6. Die Entstehung der Fossil-Lagerstätte »Monte Bolca«

Wie bereits erwähnt, besteht die Pesciara aus einer Wechsellagerung von grobkörnigen Kalken mit Mollusken und sehr feinkörnigen, laminierten Kalken, die die Fische enthalten.

Die grobkörnigen Kalken enthalten die Schalen von Mollusken, Alveolinen sowie die Fragmente älterer, aufgearbeiteter Sedimente und lassen keine interne Schichtung erkennen. Sie sind Ablagerungen im hochenergetischen Bereich und repräsentieren Sturmereignisse.



Abb. 48.
Eine Languste (*Palinurus desmaresti*). Länge: 36 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.



49



50

Abb. 49.
Eine Mücke. Länge: 1,2 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

Abb. 50.
Vogelfeder. Länge: 2 cm. Foto: Museo Civico di Storia Naturale, Verona.

Die millimeterstarke Lamination der feinkörnigen Kalke kommt durch einen Wechsel etwas dickerer heller Lagen mit extrem dünnen dunklen Lagen zustande, wie der Dünnschliff enthüllt (SORBINI 1968, 1972). Die hellen Lagen bestehen aus etwas gröberen organischen Kalkpartikeln. Nach oben nimmt die Korngröße ab, und die helle Lage geht in eine extrem feinkörnige, dunkle über, die ganz oben von einem Tonhäutchen begrenzt wird. Die dunkle Färbung ist auf fein verteilten Pyrit und Bitumen zurückzuführen. Fische und andere Fossilien können in jeder Lage vorkommen. Möglicherweise spiegelt die Lamination der Kalke einen jahreszeitlichen Rhythmus, etwa jährliche Monsune, wider, aber das ist nicht sicher. Auf alle Fälle müssen sich die Fischlagen in einem Stillwassermilieu abgelagert haben, in dem infolge von Sauerstoffmangel lebensfeindliche Verhältnisse herrschten. Dafür sprechen die ungestörte Feinschichtung, die hervorragende Erhaltung der Fossilien sowie das fast völlige Fehlen von Bodenbewohnern – die wenigen Ausnahmen sind wahrscheinlich von benachbarten Arealen eingeschwemmt worden.

Wie aber kam es in einem Flachwasserbereich – und zu einem solchen gehörte das Gebiet um Bolca im Eozän – zur Ausbildung einer Stillwasserzone am Boden? Dazu bedurfte es einer beckenähnlichen Struktur in der sich, bedingt durch hohe Verdunstungsraten in einem warmen Klima, eine Dichteschichtung des Wasserkörpers ausbilden konnte. Wegen des erwähnten starken Süßwasserinflusses könnte man im Fall Bolca daran denken, dass die Oberflächenzone eher leicht brackisch, die Bodenzone dagegen salziger als normales Meerwasser war. Ein Hinweis auf einen erhöhten Salzgehalt in der Bodenzone könnte der von BLOT (1969) erwähnte hohe Magnesiumgehalt der Plattenkalke sein. Jedenfalls scheint es nicht zu einem vertikalen Wasseraustausch gekommen zu sein, so dass kein Sauerstoff mehr in die Bodenzone kam.

MASSARI & SORBINI (1975) und LANDINI & SORBINI (1996) nahmen an, dass der Sedimentationsraum der Pesciara einem küstenparallelen Becken angehörte, das landwärts von einer durch Stürme geschaffenen Sandbarriere und seewärts durch ein Korallenriff begrenzt war. Sandbarrieren könnten durchaus bestanden haben und sind sogar wahrscheinlich, aber ob sie ausgereicht haben, ein dauerhaftes Stillwassermilieu zu erzeugen, erscheint zumindest fraglich. Für ein küstenparalleles Barriereriff gibt es jedoch, wie wir gesehen haben, keinerlei Indizien. Nach Auffassung des Verfassers sollte man auch die Möglichkeit eines tektonischen Beckens erwägen. Bereits im oberen Paleozän kam es zur Bildung des Alpone-Chiampo-Grabens. Im Zusammenhang damit kann durchaus auch ein kleineres Einbruchsbecken, nämlich das der Pesciara, entstanden sein, dessen Absenkung auch im unteren Eozän noch weiterging.

Unklar ist, ob die Ablagerungen des Monte Postale demselben Becken angehören wie die Pesciara, aber angesichts der räumlichen Nähe ist das sehr wahrscheinlich. Sie dürften aber etwas jünger als die der Pesciara sein. Auf alle Fälle entstanden sie in einem deutlich energiereicheren Milieu. Das geht bereits aus dem von MASSARI & SORBINI (1975) veröffentlichten Profil hervor, das viel mehr Grobschuttlagen zeigt, und wurde durch die ersten wissenschaftlichen Grabungen am Monte Postale bestätigt (freundliche persönliche Mitteilung von Prof. TINTORI). Viele Fische vom Monte Postale sind stärker zerfallen, und es gibt manchmal Hinweise auf am Boden lebende Tiere. Beides deutet auf einen zumindest zeitweise geringen Sauerstoffgehalt am Boden hin. Diese Befunde lassen darauf schließen, dass der Ablagerungsraum sich im Laufe der Zeit vom Tieferen zum Flacheren hin entwickelt hat, vielleicht durch Zufüllung des Beckens.

Eine Frage wäre noch zu beantworten: Wie kam es zum Tod der Fische?

BLOT (1969) führte ihn auf vulkanische Ursachen zurück, die Aufheizung des Wassers und den Austritt größerer Mengen an Kohlendioxid. Heute ist jedoch klar, dass es zur Zeit der Ablagerung der Kalke der Pesciara und des Monte Postale keine vulkanische Aktivitäten gab, denn diese Kalke enthalten keinerlei Spuren vulkanischer Aschen.

SORBINI (1972) war der Meinung, dass jahreszeitlich bedingte Seebblüten, d.h. Massenvermehrungen planktonischer Organismen, zur periodischen Vergiftung des Wassers und damit zum Tod der Fische führten. In diesem Fall wären aber sämtliche Fische in der Wassersäule getötet worden, und die Schichtflächen müssten voll von diesen sein. Demgegenüber betonen TINTORI et al. (2005), dass sie bei der wissenschaftlichen Grabung am Monte Postale keine Indizien für ein Massensterben finden konnten und die normale Mortalität ausreichen würde, um die hohe Anzahl von Individuen in den verschiedenen fossilführenden Schichten von Bolca zu erklären. Davon konnte sich auch der Verfasser überzeugen, der 2006 als Gast an einer wissenschaftlichen Grabung in der Pesciara teilnehmen konnte. Generell ist die Fossilhäufigkeit viel zu gering, um ein Massensterben annehmen zu können.

Damit ist allerdings die Frage nach dem Tod der Fische noch nicht beantwortet. Was heißt normale Mortalität? Ein Tod verursacht durch Altersschwäche oder Krankheit? Im Einzelfall mag das die Ursache gewesen sein, aber kaum für die Gesamtzahl der Fische. Ein kranker oder altersschwacher Fisch dürfte im Normalfall vor seinem natürlichen Ende von Räubern gefressen worden sein. Eher kann man wohl an Unglücksfälle denken, etwa wenn Fische bei stürmischem Wetter, um der bewegten See der Oberflächenschicht zu entgehen, sich zu tief nach unten wagten und in die lebensfeindliche Bodenzone gelangten. Es wäre auch möglich, dass die Dichteschichtung durch windinduzierte Strömungen manchmal gestört wurde und giftiges, sauerstoffreiches Bodenwasser nach oben kam und Fische tötete.

Allerdings gibt es doch einige Schichtflächen, die dicht mit Fischen belegt sind und die ein Massensterben anzeigen. Für sie könnte die Seebblütheorie zutreffen. Es ist aber gegenwärtig nicht klar, wie häufig solche Ereignisse waren. Diese und andere Fragen, wie die paläogeographische Entwicklung des Ablagerungsraumes, können nur durch wissenschaftliche Grabungen beantwortet werden, bei denen Schicht für Schicht alle Fossilien registriert und alle sedimentologischen und taphonomischen Daten ausgewertet werden. Eine Fortsetzung der begonnenen Grabungsaktivitäten in interdisziplinärer Zusammenarbeit wäre deshalb sehr wünschenswert. Die einzigartige Fossilagerstätte Monte Bolca verdiente eine solche Anstrengung.

7. Danksagung

Für die Bereitstellung von Bildmaterial, die Genehmigung zur Publikation der Bolca-Fossilien im Besitz des Museo Civico di Storia Naturale (Verona) sowie Informationen zu deren Maßen danke ich ganz besonders der Direktorin des genannten Museums Frau Dr. ALESSANDRA ASPES, dem Leiter der geologischen Abteilung Herrn Dr. ROBERTO ZORZIN und Frau Dr. ANNA VACCARI von derselben Abteilung. Fotos stellten außerdem folgende Personen zur Verfügung: Frau MARIE-JO BLOT (Evry, Frankreich), Frau URSULA HIRSCH (Dollnstein), Herr FRANCESCO SORBINI, Frau Dr. MARGHERITA SORBINI FRIGO (Verona) und Herr Dr. h.c. HELMUT TISCHLINGER (Stammham). Die Familie CERATO (Bolca di Vestenanova) half beim Ermitteln von Maßen. Allen gilt mein herzlicher Dank.

8. Literatur

Die hier angefügte Literaturliste enthält nur die im Text zitierten Arbeiten und außer dem Büchlein von CALTRAN (1977) zwei weitere Publikationen in deutscher Sprache, die für den Leser nützlich sein mögen. Es handelt sich um einen sehr lesenswerten Artikel von TISCHLINGER (1998) in der Zeitschrift *Fossilien*, der außerdem einige touristische Hinweise enthält, sowie das Buch von FRICKHINGER (1991) über fossile Fische, in dem die wichtigsten Fische von Bolca abgebildet sind.

- ALESSANDRELLO, A. (1990): A Revision of the Annelids from the Eocene of Monte Bolca. – Studi e ricerche sui giacimenti terziari di Bolca, 4: 175-214; Verona (Museo Civico di Storia Naturale).
- BELLWOOD, D. R. (1996): The Eocene fishes of Monte Bolca: the earliest coral reef fish assemblage. – *Coral Reefs*, 15: 11-19.
- BLOT, J. (1969): Les poissons fossiles du Monte Bolca classés jusqu'ici dans les familles des Carangidae, Menidae, Ehippididae, Scatophagidae. – Studi e ricerche sui giacimenti terziari di Bolca, 1 (Mem. F. s. 2, Mus. Civ. St. Nat. Verona), 2 Bde., 525 S.; Verona.
- BLOT, J. & VORUZ, C. (1975): La famille des Zanclidae. – Studi e ricerche sui giacimenti terziari di Bolca, 2: 233-277; Verona (Museo Civico di Storia Naturale).
- CALTRAN, T. (1977): Die versteinerte Lagune. – 51 S.; Verona (=S. Zeno).
- (2001): La «Magica Foresta» di Bolca. – La Lessinia – Ieri Oggi Domani, 24: 29-40.
- FABIANI, R. (1914): La serie stratigrafica del Monte Bolca e dei suoi dintorni. – Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, 2: 223-235.
- FRICKHINGER, K. A. (1991): Fossilien Atlas Fische. – 1088 S., 1500 Abb.; Melle (Mergus).
- FRIGO, M. & L. SORBINI (1997): 600 fossili per Napoleone. Catalogo della mostra. – 31 S.; Verona (Museo Civico di Storia Naturale).
- GAUDANT, J. (1997): Les poissons pétrifiés du Monte Bolca (Italie) et leur influence sur les théories de la Terre au milieu du Siècle des lumières, d'après un manuscrit inachevé de Jean-François Séguier (1703-1784). – Bull. Soc. géol. France, 168, 5: 675-683.
- HÖLDER, H. (1989): Kurze Geschichte der Geologie und Paläontologie. Ein Lesebuch. – 244 S.; Berlin – Heidelberg (Springer-Verlag).
- LANDINI, W. & SORBINI, L. (1996): Ecological and trophic relationships of Eocene Monte Bolca (Pesciara) fish fauna. – Boll. Soc. Paleont. Ital., Spec. Vol. 3: 105-112.
- MASSARI, F. & SORBINI, L. (1975): Aspects sédimentologiques des couches à poissons de l'Eocène de Bolca (Vercine – Nord Italie) – IXe Congrès International de Sédimentologie, Nice: 55-63.
- MUSCIO, G. & TINTORI, A. (Hrsg.) (2005): I Fossili di Bolca – tesori dalle rocce. – 31 S.; Verona (Museo Civico di Storia Naturale).
- NORDERA, C. (2003): Origine e vita dei cimbri veronesi. – 191 S.; Giazza-Verona (Edizioni Taucias Garèida).
- PAPAZZONI, C. A. & TREVISANI, E. (2005): New Data about the Age and Palaeoenvironment of the «Pesciara di Bolca» Fossil-Lagerstätte. – *Zitteliana*, B26: 21.
- SAURO, A. (1984): Le origini della popolazione dei Tredici Comuni Veronesi. – 76 S.; Vago di Lavagno (VR).
- SECRETAN, S. (1975): Les Crustacés du Monte Bolca. – Studi e ricerche sui giacimenti terziari di Bolca, 2: 315-425; Verona (Museo Civico di Storia Naturale).
- SILJOTTI, A. (1971): I fossili dei Lessini. – 149 S.; Verona (Edizioni Corev).
- SORBINI, L. (1968): Contributo alla sedimentologia della «Pesciara» di Bolca. – Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 15 (1967): 213-221.
- (1972): I fossili di Bolca. – 133 S.; Verona (Edizioni Corev) (4. Auflage 1989).
- (1983): La collezione Baja di pesci e piante fossili di Bolca con descrizione di nuovi generi e nuove specie. – 118 S.; Verona (Museo Civico di Storia Naturale).
- SORBINI FRIGO, M. & SORBINI, CH. (1999): I fossili di Bolca. – 48 S.; Verona (Museo Civico di Storia Naturale) – Milano (Electa).
- STANGHELLINI, E. (1968): Bolca e i suoi fossili. – 79 S.; Roma (Espro).
- TINTORI, A., BONA, F. & ZORZIN, R. (2005): Bolca (Eocene, Verona) Fossils under a New Light. – *Zitteliana*, B26: 24-25.

- TISCHLINGER, H. (1998): Monte Bolca. Beim Fischer der versteinerten Lagune. – Fossilien, **1998**, 5: 281-296.
- VOHL, G. (1983): Eichstätt's Patenort Bolca als Fossilagerstätte. – Archaeopteryx, **1983**: 42-49.
- (2007): »Monte« Bolca – Fossile Schätze aus den Lessinischen Bergen. – Offizieller Katalog der 44. Mineralientage München: 150-173; München (Münchner Mineralientage Fachmesse GmbH).
- ZORZIN, R. (2006): La campagna di scavo paleontologico 2005 a Bolca ed il progetto di valorizzazione. – La Lessinia – Ieri Oggi Domani, **29**: 19-26.

Anschrift des Verfassers:

Dr. GÜNTER VOHL, Richard-Strauß-Str. 28, D-85072 Eichstätt; E-Mail: g.vohl@t-online.de