

Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen. 8. Konkretionäre Aufblähung von Gastropodengehäusen

VON HORST GALL¹⁾

Mit 1 Abbildung und Tafel 1

Zusammenfassung

Etwa ein Drittel des fossilen Gastropodenmaterials aus der Fundschicht Sandelzhausen zeigt eine Verformung, die auf frühdiagenetische Bildung von Kalkkonkretionen in den Gehäusen unter Aufblähung bis ca. 300% der ursprünglichen Größe zurückgeführt werden kann.

Die Ursache dieser besonderen Erhaltung liegt in einer raschen Sedimentüberdeckung von Gastropodengehäusen, die noch die Weichkörper oder Reste davon führten. Deren Fäulnisgase konnten nämlich nur so den Bildungsprozeß der Kalkkonkretionen in den Gehäusen auslösen. Die Auswertung von Häufigkeit und Ausmaß der Gehäuseexpansionen im Vertikalprofil ermöglicht demnach wichtige Rückschlüsse auf die Genese der Fundschicht.

Summary

About one third of the fossil Gastropods from the Upper Miocene fossil locality of Sandelzhausen in the Bavarian Upper Freshwater Molasse shows a deformation of the shells. This can be explained by a pene-contemporaneous-diagenetic formation of calcareous concretions within the shells which results in an expansion up to 300% of the original size.

This special mode of conservation of the Gastropod shells can be referred to a rapid covering by sediments. At the time of deposition these shells still contained organic material. Its decay caused the precipitation of calcium carbonate, finally resulting in an expansion of the shells.

The interpretation of the abundance and size of the expansion in the vertical section provides important clues on the genesis of the fossil bed.

¹⁾ Dipl.-Geol. Dr. H. GALL, Institut für Paläontologie und historische Geologie der Universität, 8 München 2, Richard-Wagner-Straße 10.

Inhalt

	Seite
1. Einführung	4
2. Kalkkonkretionen im Vertikalprofil der Fundschicht	4
3. Normaler Erhaltungszustand der Gastropoden	5
4. Kalkkonkretionäre Aufblähung von Gastropodengehäusen	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Erscheinungsform und Entstehungszeitpunkt	7
4.3 Genese der Konkretionen in den Gastropodengehäusen	8
4.4 Berechnung des Verformungsmaßes	9
4.5 Ausmaß der Gehäuseexpansion	10
4.6 Taxionomische Auswirkungen der Gehäuseaufblähung	11
5. Diagramm der Gastropoden-Erhaltung in der Fundschicht (Abb. 1) und seine Auswertung	12
6. Konkretionäre Gehäuseaufblähung und Genese der Fundschicht	15
Angeführte Schriften	17

1. Einführung

Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen bei Mainburg (Niederbayern) hat sich seit ihrer Entdeckung durch R. DEHM im Jahre 1959 als eine einzigartige Fossilkonzentration mit Repräsentanten aller Größenklassen von den verschiedensten Biotopen erwiesen. Wissenschaftlich bearbeitet sind bislang mehrere Gruppen fossiler Wirbeltiere (FAHLBUSCH 1964; SCHMIDT-KITTLER 1971, 1972; HEISSIG 1972) sowie die Mollusken (GALL 1972), von denen vor allem die arten- und individuenreich vertretenen Gastropoden als verlässliche ökologische Indikatoren für eine Lösung der vielfältigen Probleme der Fundschicht-Entstehung von Bedeutung sind. Die Wirbeltierreste sind zwar ausnahmslos disartikuliert, jedoch überwiegend ohne größere Beschädigungen und diagenetische Verformungen überliefert. Das fossile Gastropodenmaterial dagegen liegt fast durchwegs in bruchstückhafter und stark deformierter Erhaltung vor. Von den verschiedenen Fossilisierungsarten der Gastropoden ist die einer frühdiagenetischen Neubildung von Kalkkonkretionsmassen in den Gehäusen unter Sprengung und Aufblähung derselben von besonderer Bedeutung, da durch sie die für eine generische und spezifische Bestimmung entscheidenden Merkmale verändert und falsche Beurteilungen ausgelöst werden können. Zudem ermöglichen sie im speziellen Fall Sandelzhausen wichtige Aussagen über Existenz und Intensität von bestimmten Bildungsfaktoren in den einzelnen Horizonten der Fundschicht.

Die Grabungen an der Fossil-Lagerstätte werden vom Sonderforschungsbereich 53 „Palökologie“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert.

Die Materialien werden in der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie in München unter Inventar-Nummer 1959 II aufbewahrt.

2. Kalkkonkretionen im Vertikalprofil der Fundschicht

Nahezu über den gesamten Bereich der bisher systematisch abgegrabenen Fundschicht lassen sich 4 Haupthorizonte — A, B, C und D, wenngleich in wechselnden Mächtigkeiten und mit faziellen Differenzierungen — ausscheiden. Zu detaillierten Profilbeschreibungen und Sedimentcharakterisierungen kann auf FAHLBUSCH & GALL (1970) und FAHLBUSCH et al. (1972) verwiesen werden.

Die überwiegend mergelige Sedimentserie läßt in Karbonatanalysen (unveröffentlicht) einen über das gesamte Vertikalprofil etwa gleichbleibend hohen Kalkgehalt erkennen. Stärkere Konzentrationen liegen nur in Kalkkonkretionen vor, die zu den wichtigsten diagenetischen Erscheinungen in der Fundschicht gehören und bevorzugt im tieferen Profilteil auftreten.

In Schicht A (basaler Schotter) zeigt sich hoher Kalkgehalt in Form von regellos eingestreuten, partienweise gehäuft auftretenden Konkretionen im mergeligen Zwischennittel. Bei zurücktretender Pelitkomponente erfolgt zumeist eine Zementation des Schotters. Kalkkonkretionen sind dann an engbegrenzte Mergellinsen gebunden.

Im Schichtenkomplex B (Geröllmergel) treten Kalkkonkretionen bevorzugt basisnah in Linsen und Lagen, auch größeren Partien, angereichert auf. Untere (B_1) und obere Geröllmergel (B_2) können durch eine Konkretionslage von einander abgegrenzt sein. Eine Häufigkeitsabnahme der Konkretionen von Schicht A über B_1 zu Schicht B_2 konnte über größere Flächen der östlichen Grabungsstelle (vgl. FAHLBUSCH & GALL 1970) beobachtet werden.

Die Schichtenfolge C (Mergel mit reichlich organischer Substanz) ist nach bisheriger Beobachtung, trotz hohen Karbonatgehalts im Sediment, frei von Kalkkonkretionen.

Schicht D (Schluffmergel) zeigt erhöhten Kalkgehalt in Form von Konkretionen, die in Lagen und Linsen konzentriert sind. Der Grenzbereich zum Liegenden wird durch plattige Kalkanreicherungen markiert.

Die maximal etwa faustgroßen, harten, selten kreidig-mürben Kalkkonkretionen sind von gelblich-weißlicher Farbe. Ihre Gestalt ist vorwiegend rundlich-knollenförmig, entsprechend ihrer Entstehung durch Konzentration ursprünglich fein verteilten Kalziumkarbonats unter zentrifugalem Wachstum von einem Kern aus. Dünnpaltige (1—2 cm) Konkretionsmassen bis mehrere dm^2 -Größe wurden vornehmlich in den Schichten B_1 und D erfaßt. Fast alle knolligen Konkretionsneubildungen stehen mit deutlich erkennbaren Fossilresten — zumeist Gastropoden, selten Vertebraten-Skelettelementen — in ursächlichem Zusammenhang (S. 8 f.). Die Zementation der Basisschicht A ist dagegen wahrscheinlich durch Grundwasserstau an ihrer Hangendgrenze und damit verbundenem Kalkabsatz erfolgt (FAHLBUSCH et al. 1972, 339); ähnliche Bildungsvorgänge sind auch für die Kalkplatten am Übergang von Schichten mit unterschiedlich hohem Tongehalt anzunehmen.

Konkretionäre Verformungen von Gastropodengehäusen sind auf die Horizonte A, B und D der Fundschicht beschränkt, wobei die an Konkretionen reichste Schicht B auch die größte Anzahl aufgeblähter Exemplare lieferte.

3. Normaler Erhaltungszustand der Gastropoden

Der wissenschaftliche Wert des 49 Taxa umfassenden Gastropodenmaterials von Sandelzhausen (GALL 1972) ist durch die schlechte Erhaltung beeinträchtigt. M. o. w. vollständig erhaltene und nicht deformierte Schneckengehäuse — zumeist mit tonig-mergeliger Sedimentfüllung — sind äußerst selten und bei den in Abb. 1 berücksichtigten Arten auf die Taxa Nr. 7 (Landschnecken), 11 und 12 (Wasserschnecken) beschränkt. S c h a l e n e x e m p l a r e stammen in ihrer Mehrzahl aus Schicht D, untergeordnet auch aus Schichtenkomplex B. Die wenigen der Landschnecken

aus Schicht B dürften als leere, mit Luft gefüllte Gehäuse schwimmend in den Sedimentationsraum verfrachtet und ungestört abgelagert worden sein. Wie für die vorwiegend in Schicht D vertretenen unversehrten Gehäuse der Wasserschnecken sind für sie sekundäre Umlagerungen im freigespülten Zustand — auch über geringe Entfernungen — weitestgehend auszuschließen. Da auch keine Präfossilisation erkennbar war, hätten die zarten Gehäuse allenfalls in aufgearbeitete Sedimentkomponenten eingeschlossen mechanischen Beschädigungen entgehen können.

Schalenerhaltung und die Überlieferung der Gastropoden als Mergelsteinkerne sind durch alle Übergänge miteinander verbunden. So haften den Steinkernen nicht selten \pm große Schalenfragmente an, die sich jedoch leicht ablösen. Vollständige Erhaltung ohne Verformung tritt auf, die Regel sind aber Steinkerne mit m. o. w. starker Deformation durch die mechanische Diagenese. Ein bezeichnendes Maximum der Steinkernerhaltung liegt in Schicht D, in der zugleich die geringe Verformung fast aller Gastropoden auffällt. Im Schichtenkomplex B dagegen sind die Steinkerne sowohl der Land- als auch der Wasserschnecken nahezu ausnahmslos in allen möglichen Richtungen — entsprechend ihrer unterschiedlichsten Einbettung — geplättet. Flachgedrückt sind die vereinzelt Steinkern-Exemplare auch in der Schichtenfolge C.

Nicht nur Gastropodengehäuse, die bei ihrer Einbettung weitgehend sedimentfrei blieben, wurden durch den Mächtigkeitsschwund des Sediments bruchdefiniert. In den tonig-mergeligen Sedimenten der Fundschicht mit andeudeter Schichtung (C₃, D) zeigen sich die einzelnen Schalenbruchstücke der geplätteten Gastropoden unter Überlappung auf eine Ebene nach unten projiziert; dabei erscheinen Druckfiguren mit im wesentlichen konzentrisch und radial verlaufenden feinen Sprüngen. Völlig plattgedrückte Gehäuse sind kennzeichnender Erhaltungszustand der Gastropoden in der Schichtenfolge C. In anderen Schichten (Komplex B) ist diese Fossilüberlieferung nur noch bei den Wasserschnecken — von der Landschnecken-Art 1. (Abb. 1) einmal abgesehen — von nennenswerter Bedeutung.

Durch Aufarbeitung von Sediment mit bruchdefinierten Fossilien in einem frühen Diagenesestadium, wie es für die Fossil-Lagerstätte mehrfach anzunehmen ist (FAHLBUSCH et al. 1972), wurden die einzelnen Schalenbruchstücke isoliert und als Bruchschillmaterial aus Fragmenten verschiedenster Gastropoden-Taxa resedimentiert. Mechanische Beschädigung und Zertrümmerung der Gehäuse konnte bei den Landschnecken bereits beim Transport ins Sedimentationsbecken erfolgen. Große Bruchschillmengen entstanden vor allem bei den plötzlich in das Ablagerungsbecken einbrechenden Hochwässern (vgl. FAHLBUSCH et al. 1972, 340f.). Da überwiegend die groben Bestandteile eines Sediments die Zertrümmerung bewirken, finden sich Bruchschill-Anreicherungen vornehmlich in der zahlreich große Gerölle führenden Mergelschicht B. Die einzelnen Schalenfragmente sind darin völlig unregelmäßig eingebettet. Der geringe Bruchschill-Anteil in der Basisschicht A muß — neben dem schon primär geringeren Mollusken-Angebot — auf die vorherrschende fluviatile Komponente bei ihrer Entstehung zurückgeführt werden, die das Sedimentmaterial mechanisch weitgehend sortierte. Lagenweise ist Mollusken-Bruchschill in den Schichtenfolgen C und D angereichert, wobei er in diesen höheren Profilabschnitten — bezeichnenderweise synchron mit der Abnahme der Gerölle — zum Hangenden zunehmend zurücktritt (GALL 1972, 28 ff.).

Die Bruchschillmengen der einzelnen Horizonte des Profils sollen an Proben des Testplanquadrats 10-G (vgl. FAHLBUSCH & GALL 1970) quantitativ erfaßt und für die Genese der Fundschicht ausgewertet werden.

4. Kalkkonkretionäre Aufblähung von Gastropodengehäusen

4.1 Allgemeines

Die bisher geschilderten Verformungen des Gastropodenmaterials von Sandelzhausen sind auf die Sedimentkompaktion bei der mechanischen Diagenese zurückzuführen. Sie alle erfolgten unter erheblicher *Volumenverminderung*.

Verformungen unter Volumenverminderung werden jedoch nicht nur durch diagenetische Vorgänge hervorgerufen; sie können auch durch tektonische Bewegungen verursacht sein. So konnten ALBRECHT & FURTAK (1965) an Fossilien in der Faltenmolasse Oberbayerns lineare Einengungsbeträge bis 26 % ermitteln.

Da sowohl diagenetische wie tektonische Verformungen auch plastisch oder ohne äußerlich erkennbare Brucherscheinungen erfolgen können, verursachten sie bereits schwerwiegende Fehlbestimmungen. So mußten etwa von den 426 beschriebenen Bivalven-Arten aus der St. Gallerer Meeresmolasse 85,5 % wieder eingezogen und als Deformationsprodukte von nur noch 64 taxonomisch berechtigten Arten gesehen werden (FANCK 1930 f. MÜLLER 1963).

In der Fundschicht Sandelzhausen erfolgten Verformungen von Fossilien jedoch nicht nur unter Volumenverminderung, sondern durch *isochemische Vorgänge* während der Frühdiagenese auch unter *Volumenvergrößerung* bis nahezu 300 % der ursprünglichen Größe. Da die primäre Gehäusemorphologie und -größe so deformierter Gastropoden durch Vergleich mit unversehrten Gehäusen aus der selben Fundschicht annähernd bekannt ist, lassen die Veränderungen auf Ausmaß und Ursache der Deformationen schließen. Zudem vermitteln sie neuartige Erkenntnisse über die Vorgänge bei der Entstehung dieser einzigartigen Fossil-Lagerstätte.

4.2 Erscheinungsform und Entstehungszeitpunkt

Sowohl die Gehäuse der Land- als auch der Süßwasserschnecken können bevorzugt im tieferen Teil der Fundschicht (Schicht A, B; S. 16 f.; Abb. 1) eine auffallende sekundäre Aufblähung zeigen, die auf die Bildung von Kalkkonkretionsmassen im Gehäuse zurückzuführen ist. Die überwiegend dünnchaligen Gastropodengehäuse wurden dabei durch den Wachstumsdruck der Konkretionen gesprengt und die einzelnen Schalenbruchstücke rückten an den Windungsnähten sowie an vornehmlich konzentrisch und radial verlaufenden Sprüngen auseinander. Die Konkretionen zeigen im wesentlichen noch die Gestalt der Gastropoden, sie dürften demnach gehäuseorientiert radial gewachsen sein. Nur in Ausnahmefällen verlief die Expansion völlig unregelmäßig oder war auf Endwindungsteile beschränkt; eine Beziehung zu einer primären Fossilmorphologie läßt sich dann nicht mehr herstellen, obwohl zusammengehörige Schalenfragmente auf den Konkretionen ihre Entstehung aus Mollusken klarlegen.

Vereinzelt sind die Kalkkonkretionsmassen auch an die disartikulierten Skelettelemente von Vertebraten gebunden, obwohl diesen frei zugängliche primäre Hohlräume fehlen. Gebißreste und Extremitätenteile konnten durch sie gleichfalls gesprengt und auseinandergetrieben werden. Im Gegensatz zu den Gastropodengehäusen vermochten die wesentlich stabileren Vertebratenreste jedoch in der Regel dem Wachstumsdruck der Konkretionen zu widerstehen.

Die kalkkonkretionären Neubildungen zeigen gelblich- bis bräunlich-weißliche Farbe; Sedimentkomponenten — Mergelmaterial, Sand und Geröllchen — werden nicht selten von ihnen umschlossen oder haften ihnen an. In den meisten Fällen durchziehen Schwundrisse, die nach außen oder nach innen immer weiter auseinanderklaffen können, septarienartige die Konkretionen.

In 15 untersuchten Dünnschliffen bestand die Grundmasse der Konkretionen aus kryptokristallinem Calcit. Die Säume gegen Hohlräume und Spalten bildeten gelegentlich große Calcitkristalle. Die Grundmasse erscheint zumeist unregelmäßig, nur vereinzelt treten helle, bogenförmige Streifen aus größeren Calcitkristallen, die z. T. \pm parallel zur Längserstreckung orientiert sind, auf. In die Grundmasse eingeschlossen sind Quarze (ϕ bis 1 cm), schwach undulös auslöschend, oft sogar kräftig gefeldert, umgeben von einem Kranz aus Calcitkristallen um 50 μ . Einzelne Quarze könnten durch ihre herausfallend kräftige Trübe auf eine andere Herkunft als die der Mehrzahl hinweisen. Akzessorisch treten Muskowit, Chlorit, Mikroklin, Plagioklas und z. T. abgerundete Fragmente aus Quarzit auf. Dunkle, braun durchscheinende Stellen sind sehr feinkörniger Goethit. Die Schalenfragmente zeigen sich als bräunliche, pleochroitische Streifen (frdl. Bestimmung Dr. G. PROPACH, München).

An den mit Kalkkonkretionen in Verbindung stehenden Gastropodengehäusen ließen sich — im Gegensatz zu den meisten, oft in unmittelbarer Nähe gefundenen Exemplaren in anderer Erhaltung — keine Verformungen nachweisen, die einwandfrei auf die mechanische Diagenese zurückgeführt werden könnten. Darauß muß auf *f r ü h d i a g e n e t i s c h e* Bildung der Konkretionen und Expansion der Gehäuse im Sediment geschlossen werden. Die zahlreichen aufgeblähten Gastropoden — 35,4% aller Exemplare der in Abb. 1 berücksichtigten Taxa — zeigen in allen Übergangsstadien, daß die isochemische Kalkneubildung, von einem Zentrum ausgehend, zuerst Hohlräume im Gehäuse oder in deren Mergelinhalt ausfüllte. Bei weiterem Wachstum der Konkretionen wurde die Mergelfüllung durch den Wachstumsdruck mechanisch nach außen gedrängt, in kleinen Partien auch umschlossen. Überschritt der Wachstumsdruck der Konkretionen die Schalenfestigkeit und den Auflastdruck, dann kam es zur Sprengung des Gehäuses und die einzelnen Schalenfragmente entfernten sich auf der wachsenden Konkretion voneinander.

4.3 Genese der Konkretionen in den Gastropodengehäusen

Die Entstehung der Kalkkonkretionsmassen in den Gehäusen muß — nach Untersuchungen von WEEKS (1953, 1957), LIPPMANN (1955) und HAYES (1964) — auf die bei den Zersetzungs Vorgängen organischer Substanzen frei werdenden *F ä u l n i s g a s e* zurückgeführt werden, wobei einer raschen und mächtigen *Ü b e r d e c k u n g* der Weichteile mit Sediment, die das Entweichen der Zersetzungs-gase verhinderte, eine entscheidende Bedeutung zukommt. Die besonderen Sedimentationsbedingungen, die gerade in Sandelzhausen diese ungewöhnlich große Anzahl von Gastropoden mit noch verbliebenen Weichteilen im Gehäuse rasch unter Sedimentbedeckung geraten ließen, sind in dem von FAHLBUSCH et al. (1972) entworfenen Entstehungsmodell der Fossil-Lagerstätte zu suchen: Zu bestimmten Zeiten erfolgten in Hochwasserphasen verheerende Wasser- und Sedimenteintrübe in den sonst ruhig-limnischen Ablagerungsraum und überdeckten die autochthone Süßwasserfauna sowie die gesamte, vom Überschwemmungsbereich der Flußniederungslandschaft mitgerissene Fauna mit Sediment. Die Fäulnisgase der so sedimentbedeckten organischen Substanzen ließen am Fossil — durch Auslösung einer alkalischen Reaktion und pH-Wert-Erhöhung — die Löslichkeit der Karbonate abneh-

men und diese aus der an Karbonat gesättigten Porenlösung ausfallen. Da hierdurch jedoch die Karbonatkonzentration der Porenlösung am Fossil gegenüber der Umgebung erniedrigt war, diffundierte durch das Konzentrationsgefälle solange ständig neues Karbonat an die organischen Reste, bis der Fäulnisprozeß abgeschlossen oder kein gelöstes Karbonat mehr verfügbar war. Erst dann kam das ständige Wachstum der Kalkkonkretionen in den Gastropodengehäusen und deren zunehmende Expansion zum Stillstand. Da kalkkonkretionäre Aufblähungen von Gastropodengehäusen jedoch nur aus bestimmten Horizonten der Fundschicht und in unterschiedlicher Menge vorliegen (vgl. Abb. 1), können die geforderten Entstehungsbedingungen durch diesen besonderen Erhaltungszustand für jede Schicht auf ihre Existenz hin überprüft und in ihrer Intensität erkannt werden.

4.4 Berechnung des Verformungsmaßes

Besonderer Dank gilt Herrn OStR W. SCHUSTER, Gymnasium Dachau, für wertvolle Anregungen zur Berechnung der Deformationsbeträge an den Gastropodengehäusen.

Am vorliegenden Material aufgeblähter Gastropoden — etwa 1000 Exemplare von Land- und Süßwasserschnecken — wurde erkannt, daß die konkretionäre Gehäuseexpansion in den meisten Fällen annähernd gleichmäßig radial von einem Schalenzentrumsbereich aus erfolgte, wodurch die ursprüngliche Schalenmorphologie im wesentlichen erhalten blieb. Veränderungen der primären Gehäusegestalt traten vor allem dann ein, wenn nur die Mündungsregion oder der letzte Umgang aufgebläht wurde, wodurch sich nicht selten das gesamte, unversehrt gebliebene Gewinde an der Windungsnah anhub.

Von GALL (1972, 5) wurde an etwa 50 Exemplaren eine mittlere Volumenzunahme der Gastropodengehäuse durch Kalkkonkretionsbildung von ca. 40—70% ermittelt. Diese wie auch die auf S. 10 gegebenen Expansionswerte wurden im Vergleich mit unversehrt erhaltenen Schnecken der gleichen Art aus möglichst gleichem Fundhorizont der Fossil-Lagerstätte nach folgenden 2 Methoden zu berechnen versucht:

1. An dafür geeignet erscheinenden Stellen wurde die aufgetretene Längenänderung — Abstand zwischen zusammengehörigen Schalenfragmenten oder Abstandsänderung zwischen 2 definiten Punkten auf einem nicht deformierten und einem aufgeblähten Gastropodengehäuse — direkt gemessen. Im Mittel ergab sich dabei eine Längenausdehnung von ca. 10%. Da die Raumausdehnung mit der 3. Potenz der Längenausdehnung gehen dürfte, ergibt sich damit eine Volumenzunahme von ca. 33%.
2. Der Verlauf der Windungen eines Schneckengehäuses läßt sich beim nicht deformierten Gehäuse durch eine logarithmische Spirale annähern:

$$r = a \cdot e^{m\varphi}$$

(r = Radius, a = Ausgangswert, m = Wachstums-, φ = Winkel).
 artspezifische
 konstante

Daraus folgt, daß sich zwei Radiusvektoren, die vom Zentrum aus in die gleiche Richtung zu zwei aufeinanderfolgenden Windungen gezogen werden, stets nur durch einen konstanten Faktor unterscheiden. Dieser Faktor stellt also den Wachstumsfaktor des Schneckengehäuses dar. Es wurde nun an unversehrten Gehäusen der Wachstumsfaktor mit einem Durchmesser des betreffenden Gehäuses

verglichen. Da sich am expandierten Gehäuse dieser Faktor ebenfalls bestimmen ließ, konnte analog der zu erwartende Durchmesser berechnet werden. Der tatsächlich gemessene Durchmesser übertraf den berechneten aber im Mittel um ca. 20 %. Die nach dieser Methode ermittelte Längendehnung von 20 % würde demnach auf eine Volumenausdehnung von ca. 73 % schließen lassen.

Da beim vorgelegten Kurventyp der Krümmungsradius dem zugehörigen Radiusvektor direkt proportional ist, ließe sich durch Messung und Vergleich die Längenausdehnungszahl ermitteln. Da die Messung der Krümmung des expandierten Gehäuses aber problematisch scheint, wurde dieser Gedanke — wie auch andere, wenig Erfolg versprechende oder praktisch nicht durchführbare Meßmethoden der Volumenvergrößerung — nicht weiter an den Objekten verfolgt.

Die direkte Volumenbestimmung von Gastropoden durch Wasserverdrängung im Meßzylinder erbrachte vergleichbare Expansionswerte. Die Anwendung exakter photogeologischer Volumen-Meßmethoden scheiterte aus technischen Gründen.

4.5 Ausmaß der Gehäuseexpansion

Nach den beiden näher beschriebenen Methoden wurden verschiedene Aufblähstadien an Exemplaren von 3 dafür besonders geeignet erscheinenden Gastropoden-Taxa getrennt gemessen und anschließend gemittelt. Mit einem nicht aufgeblähten Gehäuse erfolgte dabei der Vergleich eines etwa durchschnittlich expandierten und eines sehr stark aufgeblähten Exemplars der gleichen Gattung oder Art aus der gleichen Fundschicht.

Tropidomphalus-Reihe

Nicht deformiert: *Tropidomphalus (P.) extinctus* (RAMBUR) — (Taf. 1, Fig. 1)

Durchschnittlich aufgebläht: *Tropidomphalus* sp. — (Taf. 1, Fig. 2)

△ Radial	23 %	}	△ Vol.	108 %
△ Dicke	38 %	}		

Stark aufgebläht: *Tropidomphalus* ? sp. — (Taf. 1, Fig. 3)

△ Radial	43 %	}	△ Vol.	177 %
△ Dicke	35 %	}		

Cepaea eversa larteti (BOISSY)- Reihe

Nicht deformiert: *Cepaea eversa larteti* (BOISSY) — (Taf. 1, Fig. 4)

Durchschnittlich aufgebläht: *Cepaea eversa larteti* (BOISSY) — (Taf. 1, Fig. 5)

△ Radial	27 %	}	△ Vol.	95 %
△ Dicke	21 %	}		

Stark aufgebläht: *Cepaea* cf. *eversa larteti* (BOISSY) — (Taf. 1, Fig. 6)

△ Radial	39 %	}	△ Vol.	162 %
△ Dicke	35 %	}		

Planorbarius cornu mantelli (DUNKER)- Reihe

Nicht deformiert: *Planorbarius cornu mantelli* (DUNKER) — (Taf. 1, Fig. 7)

Stark aufgebläht: *Planorbarius* cf. *cornu mantelli* (DUNKER) — (Taf. 1, Fig. 8)

△ Radial	60 %	}	70 %	}	△ Vol.	290 %
	67 %	}				
	80 %	}				
△ Dicke	35 %	}				

Der gedrungene Steinkern mit Schalenresten — ohne sichtbare Konkretionsbildungen — der Gattung *Planorbarius* (Taf. 1, Fig. 9) wurde von GALL (1972, 16) mit *P. sansaniensis* (NOULET) verglichen. Der Verdacht, daß hier *P. cornu mantelli* in durchschnittlich expandiertem Zustand vorliegen könnte, wurde durch die Berechnung der Volumenvergrößerung ausgeräumt; die geringe am Objekt meßbare Verformung schließt eine kalkkonkretionäre Herausformung aus der Gehäusemorphologie von *P. cornu mantelli* aus. Die zahlreichen Risse des Steinkerns dürften auf andere Ursachen, etwa Tonquellung mit anschließender Austrocknung, zurückzuführen sein.

4.6 Taxionomische Auswirkungen der Gehäuseaufblähung

Die primäre Gehäusemorphologie ist — neben der Oberflächenstruktur der Schale — das wesentlichste Bestimmungskriterium fossiler Gastropoden. Durch diagenetische und tektonische Verformungen verändert sich diese jedoch, so daß Fehlbestimmungen und sogar Einführung neuer „Arten“, die nichts anderes als Deformationsprodukte bereits bekannter Arten darstellen, daraus resultieren können.

In der Fundschicht Sandelzhausen erschwerte vor allem die kalkkonkretionäre Expansion der Gehäuse in zahlreichen Fällen eine definitive Bestimmung des Gastropodenmaterials oder machte sie praktisch unmöglich. Zudem war in mehreren Fällen nur mit größter Mühe eine generische oder spezifische Fehlbeurteilung auszuschließen.

So zeigten besonders stark aufgeblähte Heliciden vereinzelt deutliche Gehäusemerkmale der Subfamilie Campylaeinae, speziell des Genus *Galactochilus* SANDBERGER, 1874. Da dieses jedoch in Sandelzhausen keinen einwandfrei bestimmten Vertreter aufweist (GALL 1972), andererseits aber Konkretionsbildung nachgewiesen ist, wurden die Exemplare der morphologisch ähnlichen, in Sandelzhausen zahlreich vertretenen Gattung *Tropidomphalus* PILSBRY, 1895, als *Tropidomphalus* sp. zugeordnet. Bedeutendere Größe, erhobeneres, konvex kegelförmiges Gewinde, gewölbtere Basisfläche und rascher anwachsende, gerundete Umgänge sind mit großer Wahrscheinlichkeit durch die Konkretionsbildung in den Gehäusen verursacht.

Wegen chemisch-diagenetischer Aufblähung konnte in mehreren Fällen auch nicht entschieden werden, welche von den beiden aus der Fundschicht bekannten Cypaeen-Arten in expandiertem Zustand vorliegt. Die Gehäusemorphologie von *C. silvana silvana* (KLEIN) konnte sich nämlich nachweisbar durch die Kalkkonkretionsbildung im Gehäuse unter Heraushebung des Gewindes — oft als Ganzes — der mehr kugelige Gestalt von *C. eversa larteti* (BOISSY) angleichen.

Unter den Lymnaeiden — nicht deformiertes und stark aufgeblähtes Exemplar siehe Taf. 1, 10., 11. — mußte die Zuordnung einzelner expandierter Exemplare zur Art *Radix (R.) socialis socialis* (ZIETEN) — trotz eindeutiger Gehäusemorphologie — unsicher bleiben, da Formen mit bauchiger Endwindung und aufgesetztem Gewinde nachweisbar aus allen anderen in der Fundschicht vertretenen *Radix*-Arten (GALL 1972) durch Expansion vor allem der Mündungsregion entstehen können. Erst über den Versuch einer Rückführung der Aufblähungserscheinungen gelang an solchen Exemplaren zuweilen eine abgesicherte Bestimmung.

Als besonders schwierig erwies sich in zahlreichen Fällen die Entscheidung, ob bei gedrungenen *Planorbarius*-Exemplaren sekundär stark aufgeblähte Individuen von *P. cornu mantelli* (DUNKER) oder nur schwach expandierte Gehäuse der Art *P. sansaniensis* (NOULET) vorliegen. Dicke, gedrungene Gestalt konnte vor allem dann mit Sicherheit auf kalkkonkretionäre Gehäuseaufblähung bei *P. cornu mantelli* zu-

rückgeführt werden, wenn lediglich die Endwindung erweitert war und sich die Innenwindungen noch in normaler Dicke als Mergelsteinkerne zeigten. In Einzelfällen führten auch detaillierte Vermessungen morphologischer Elemente (GALL 1972, 15 f.) oder rechnerische Auswertung des Verformungsmaßes (S. 11) zu einwandfreien Art-Zuordnungen, doch mußte bei einem beträchtlichen Anteil des *Planorbis*-Materials eine exakte Bestimmung unterbleiben.

5. Diagramm der Gastropoden-Erhaltung in der Fundschicht (Abb. 1) und seine Auswertung

Im Diagramm der Gastropoden-Erhaltung in Sandelzhausen (Abb. 1) wird in das nach den Mächtigkeitsverhältnissen im Planquadrat 10-G (vgl. FAHLBUSCH & GALL 1970) schematisierte Vertikalprofil der Fundschicht mit ihren Haupthorizonten der Erhaltungszustand ausgewählter und horizontiert vorliegender Taxa von Land- und Süßwasserschnecken in rechtsseitigen Bandspektren eingetragen. In den Spektren gleicher Bandbreite, die 100% entspricht, erscheinen in senkrechten Kolonnen die relativen Anteile der nachgewiesenen Erhaltungszustände einer Art in der jeweiligen Schicht. Die absolute Individuenzahl einer Art in einem bestimmten Horizont wird links unten vermerkt. Einzelne Prozentwerte sind infolge geringer Individuenzahl nicht sehr aussagekräftig; obwohl zudem die entscheidenden Faktoren einer bestimmten Fossilierung in der Fundschicht nur schwer zu fassen sind, soll doch eine Interpretation des Diagramms versucht werden.

Neben dem von GALL (1972) systematisch bearbeiteten Gastropodenmaterial stand für diese Untersuchung zusätzliches von den jüngsten Grabungsaktionen zur Verfügung.

Sowohl die Land- als auch die Süßwasserschnecken sind in Schicht D überwiegend überliefert als Mergelsteinkerne, in Schicht C als flachgedrückte Gehäuse, in Schicht B und Schicht A als konkretionär aufgeblähte Gehäuse.

Aus dem Diagramm läßt sich ersehen, daß der Erhaltungszustand der *Land-schnecken*-Arten (1.—8. in Abb. 1) in den einzelnen Schichten im wesentlichen von Genese und Diagenese einer Schicht sowie von Entfernung vom Einbettungsort und der Lage zum Überschwemmungsbereich der Schneckenstandorte bestimmt wird. Da für alle Landschnecken in einer Schicht die sedimentologischen Bedingungen annähernd gleichartig gewesen sein dürften, sind für unterschiedliche Erhaltung in erster Linie die beiden letzteren, von einander unabhängigen Faktoren der Lage des Biotops entscheidend. Nicht unberücksichtigt bleiben darf allerdings die unterschiedliche Resistenz der Gehäuse gegen Zerstörung auf Grund verschiedener Schalendicke und Morphologie.

Ausnahmslos in flachgedrückten, jedoch weitgehend vollständigen Schalenexemplaren ist *Archaeozonites costatus* (1. in Abb. 1) überliefert. Der in diesem Ausmaß auf diese Art beschränkte Erhaltungszustand kann einerseits darauf zurückgeführt werden, daß die Gehäuse nur postmortal von außerhalb des Überschwemmungsbereiches gelegenen Waldstandorten des wasserferneren Hinterlandes unter ruhigen Transport- und Sedimentationsverhältnissen in die Ablagerung gelangten und frühzeitig durch die Sedimentkompaktion geplättet wurden. Das Fehlen dieser Art vornehmlich in Horizonten mit kräftiger fluviatiler Beeinflussung oder Überprägung weist andererseits darauf hin, daß die besonders dünnschaligen und damit empfindlichen Gehäuse einer verstärkten mechanischen Beanspruchung durch flächenhafte Abspülung oder Umlagerung kaum widerstehen konnten.

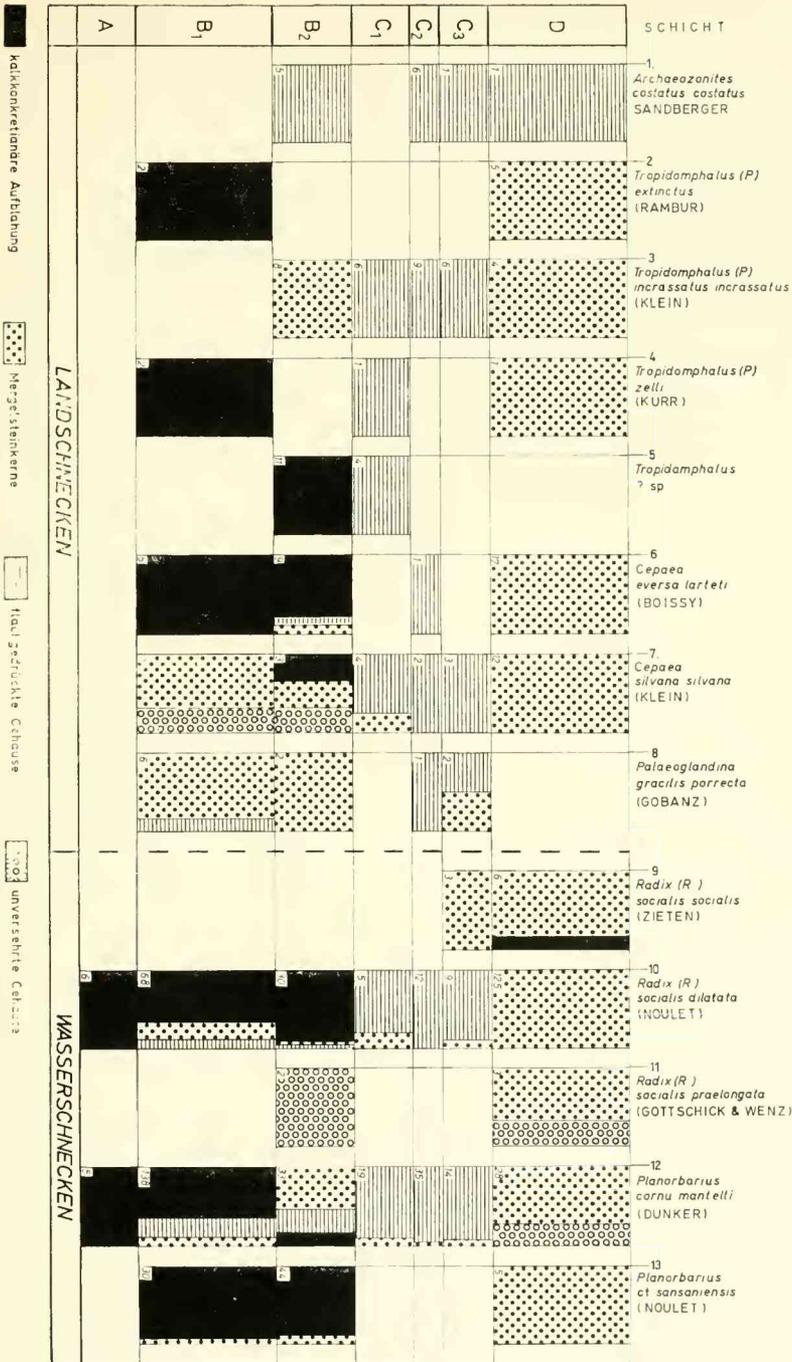


Abb. 1: Diagramm der Gastropoden-Erhaltung in der Fundschicht Sandelzhausen (Zeichnung R. SONNTAG).

Exemplare der Gattung *Tropidomphalus* liegen aus Schicht C ausschließlich in flachgedrückten Gehäusen, aus Schicht D nur in Mergelsteinkernen vor. Die beiden *Tropidomphalus*-Arten 2. und 4. (Abb. 1) zeigen in Vorkommen und Erhaltung in den einzelnen Schichten des Vertikalprofils weitgehende Übereinstimmung, die gemeinsame oder ähnlich geprägte Standorte wahrscheinlich erscheinen läßt. Von ihnen im Überschwemmungsbereich der Flußniederung gelegenen Standorten dürften sie bei Entstehung von Schicht B₁ in Hochwasserphasen noch lebend oder nicht vollständig verwest in den Ablagerungsraum transportiert und rasch mit Sediment überdeckt worden sein. Kalkkonkretionäre Aufblähung der Gehäuse war die Folge. *T. incrassatus* (3. in Abb. 1) dagegen zeigt deutlich abweichendes Auftreten im Profil und andere Erhaltung; diese Art dürfte so andere Biotope bevorzugt besiedelt haben, die wahrscheinlich nicht mehr im Überschwemmungsbereich bei Hochfluten lagen. Ihr Auftreten im Vertikalprofil scheint jedenfalls für ruhige, postmortale Einschwemmung zu sprechen. Gerade bei den vergleichsweise flachen und dünnchaligen Gehäusen von *T. incrassatus* ist jedoch eine nur geringe Resistenz gegen turbulenten Transport bei Hochwasser zu erwarten, die das Fehlen dieser Art in den tieferen Schichten mit erklären könnte.

Die Auswertung des Diagramms der Gastropodenerhaltung erhärtet die von GAIL (1972, 26) geäußerte Vermutung, daß die Cepacaeen-Arten *C. eversa larteti* (6.) und *C. silvana* (7. in Abb. 1) unterschiedliche ökologische Ansprüche stellten. Große Unterschiede im Erhaltungszustand im tieferen Profilverteil lassen einen gemeinsamen Standort äußerst unwahrscheinlich erscheinen, da ein solcher weitgehend gleiche Transport- und Ablagerungsbedingungen und damit gleiche Erhaltung zur Folge gehabt hätte. Im höheren Profilverteil, für den überwiegend eine reine limmische Entwicklung gegeben ist, erscheinen beide Arten als Mergelsteinkerne. Für die vorliegenden Exemplare von *C. silvana* aus Schichtenkomplex B ist auch postmortale Verfrachtung leerer Gehäuse während ruhig verlaufender Sedimentationsphasen wahrscheinlich.

Ihre mittelfeuchten Standorte sind in Nähe des Seebeckens zu erwarten, außerhalb, wahrscheinlich jedoch innerhalb des Überschwemmungsbereiches. Trotzdem liegt *C. silvana* nur in einem einzigen expandierten Exemplar vor. Eine Erklärung hierfür könnte auch in der Dünnchaligkeit ihrer Gehäuse liegen, die dadurch wenig resistent gegen Zerstörung durch turbulenten Transport waren.

Die kugelige und dickschalige, dadurch wesentlich robustere *C. eversa larteti* dagegen dürfte in Schicht B von ihren zwar fern des Einbettungsortes, jedoch noch im Überschwemmungsbereich gelegenen trocken-warmen Standorten fast ausschließlich durch Hochwasserfluten mitgerissen und im Ablagerungsraum noch mit Weichteilen sedimentüberdeckt worden sein.

Die überwiegend Heliciden fressende Raubschnecke *Palaeoglandina* (8. in Abb. 1) zeigt in ihrer Erhaltung weitgehende Übereinstimmung mit *C. silvana*. Sie dürfte so unter den Cepacaeen-Arten vornehmlich diese Art an deren Standorten gejagt haben. Mit *C. eversa larteti* läßt allzu unterschiedlicher Erhaltungszustand in den einzelnen Schichten kaum einen gemeinsamen Lebensraum erwarten.

Die Süßwasserschnecken (9.—13. in Abb. 1) gehören zu den autochthonen Faunenelementen des Ablagerungsraumes. Der Erhaltungszustand ihrer individuenreichsten Arten ist in den jeweiligen Schichten nahezu gleich, da er nur von den für alle Taxa annähernd gleichen Bedingungen der Sedimentation und Diagenese geprägt wurde.

In den Schichtenfolgen C und D läßt die Erhaltung aller aquatischen Formen überwiegend ruhige Ablagerung von Sediment und Fossilinhalt rekonstruieren. Nur *Radix socialis socialis* (9. in Abb. 1) scheint auf Grund ihrer konkretionären Überlieferung in Ausnahmefällen noch mit Weichteilen rasch sedimentüberdeckt worden zu sein.

Im tieferen Profilteil dagegen ist Neubildung von Kalkkonkretionen unter Aufblähung der Gehäuse, oft bis zur Unbestimmbarkeit, kennzeichnend. Während die *Radix*- und *Planorbarius*-Arten zudem in Schicht D überwiegend als Mergelsteinkerne großer, adulter Exemplare überliefert sind, fallen in Schicht A und B neben den adulten zahlreiche juvenile Individuen, konkretionär expandiert, auf. Dies läßt sich zwanglos dadurch erklären, daß in das Seebecken mit reicher Mollusken-Lebensgemeinschaft durch episodisch auftretende Hochwässer rasch Sedimentmassen großer Mächtigkeit verfrachtet wurden, die die Süßwasserfauna und -flora nahezu quantitativ unter Sediment begruben. Allein schon die durch diese Vorgänge hervorgerufene Turbulenz und Wasserverschmutzung mußte einen Großteil des aquatischen Lebens vernichten.

6. Konkretionäre Gehäuseaufblähung und Genese der Fundschicht

Da kalkkonkretionäre Deformationen an Schneckengehäusen nur unter ganz bestimmten Ablagerungsbedingungen — rasche Sedimentüberdeckung von Gastropoden mit Weichteilen — entstehen können, ermöglichen sie wichtige Rückschlüsse auf die Genese der Schichten. So dürfen Auftreten, Häufigkeit und Stärke der Gehäuseexpansionen im speziellen Fall Sandelzhausen als Maßstab für Existenz und Intensität der turbulenten Wasser- und Sedimenteintrübe in das Ablagerungsbecken gelten.

Durch plötzlich und kurzzeitig auftretende Hochwasserbeeinflussungen des Sedimentationsbeckens mit sonst vorwiegend ruhiger limnischer Entwicklung dürfte vor allem die reiche autochthone Wasserfauna (GALL 1972) nahezu quantitativ vernichtet worden sein. Im Vergleich zu den allochthonen Elementen der überschwemmten Flächen der Flußniederung müßten ihre Vertreter stärker und häufiger kalkkonkretionär aufgebläht vorliegen.

Das gesamte aus Sandelzhausen vorliegende Material der in Abb. 1 aufgeführten Arten zeigt, daß die Süßwasserschnecken in der Tat durchschnittlich und auch im Maximum stärker expandiert sind als die Landschnecken (bis ca. 300% gegenüber bis ca. 180%; vgl. S. 10). Der Grund liegt darin, daß die Wasserformen fast ausschließlich lebend unter Sediment begraben wurden und so die Fäulnisgase des gesamten Weichkörpers kalkausscheidend wirken konnten. Die Landschnecken dagegen gelangten von ihren Standorten nur selten lebend, oft nur noch mit Weichteilfragmenten, halb verwest und durch den Transport zerstört, in das Sediment.

Von den insgesamt 762 näher untersuchten Land- und Süßwasserschnecken aus allen Horizonten der Fundschicht liegt über ein Drittel — 35,4% — in konkretionär aufgeblähten Gehäusen vor. Während von den 142 Landschnecken-Exemplaren jedoch nur 19,7% durch die chemische Diagenese deformiert sind, zeigt ein doppelt so hoher Prozentsatz — 39% — der 620 berücksichtigten Wasserformen die konkretionäre Expansion.

Diese Ergebnisse bestätigen so in eindeutiger Weise die von FAHLBUSCH et al.

(1972, 338 ff.) angenommenen komplexen Vorgänge bei der Entstehung der Fossil-Lagerstätte.

Die einzelnen Gastropoden-Arten in Abb. 1 zeigen folgenden prozentualen Anteil konkretionär expandierter Gehäuse (die Prozentangaben stellen in mehreren Fällen wegen zu geringer Individuenzahl nur grobe Näherungswerte dar):

Landschnecken

Fossilnummer (Abb. 1)	Individuenzahl n	% aufgebläht
1	13	0
2	7	~30
3	33	0
4	4	~50
5	15	~70
6	32	~40
7	27	~5
8	11	0

Süßwasserschnecken

Fossilnummer (Abb. 1)	Individuenzahl n	% aufgebläht
9	9	~10
10	255	30
11	5	0
12	272	36
13	79	~84

Bei den Landschnecken sind die Gehäuseaufblähungen gänzlich auf den Schichtenkomplex B beschränkt. Bei den Süßwasserschnecken erreichen sie in der gleichen Schichtenfolge ein bezeichnendes Maximum mit 95,2%, während sie untergeordnet noch in Schicht A (4,4%) und Schicht D (0,4%) auftreten. Die genetische Sonderstellung des Schichtenkomplexes B wird am besten durch die Vertikalverteilung aller konkretionär aufgeblähten Gehäuse von Land- und Wasserschnecken verdeutlicht. So sind allein 95,6% aller Gehäuseexpansionen aus Schicht B bekannt und nur 4% aus Schicht A bzw. 0,4% aus Schicht D. Für diesen lithofaziell ungewöhnlichen und hinsichtlich seiner Entstehung lange Zeit umstrittenen Geröllmergel-Komplex B sind daher im Vergleich zu den anderen Schichten besondere Ablagerungsbedingungen durch einseitige Verlagerung auf einen der Bildungsfaktoren zu erwarten. Fast ausschließlich bei seiner Entstehung waren die für eine chemisch-diagenetische Verformung der Gastropodengehäuse zu fordernden Sonderbedingungen gegeben. Bei seiner Entstehung muß mit wiederholten katastrophalen Wasser- und Sedimenteintrüben in ein Seebecken mit sonst ruhiger Entwicklung gerechnet werden. Lithofazies und Biostratonomie dieser Schicht liefern hierfür weitere Hinweise (FAHLBUSCH et al. 1972).

Auch in der basalen Schicht A fanden derartige Sedimentationsvorgänge mit großer Wahrscheinlichkeit — wenn auch in abgeschwächter Form — statt; eine nahezu übermächtige fluviale Komponente überprägte jedoch anschließend das Sediment, so daß nur noch Relikte einer ruhigen limnischen Entwicklung und der sie unterbrechenden turbulenten Phasen erhalten sind.

Die vorgenommene Untersuchung läßt für die gesamte Schichtenfolge C auf Grund des Fehlens konkretionärer Aufblähungen derartige Beeinflussungen während Hochwasserphasen ausschließen. In Schicht D herrscht eine nahezu ungestörte limnische Entwicklung; Lithofazies und Molluskenfauna belegen ein tieferes, seartiges

Wasserbecken (GALL 1972, 30). So kommt dem Einzelfund eines expandierten Gehäuses wenig Bedeutung zu, zumal eine aquatische Form im Sonderfall auch ohne besondere Ablagerungsvorgänge noch mit Weichteilen sedimentüberdeckt werden konnte.

Eine Aufschlüsselung der Gehäuseexpansionen nach den beiden Haupthorizonten B_1 und B_2 des Schichtenkomplexes B zeigt folgendes Bild:

	Fossilnummer (Abb. 1)	% der Aufblähungen in	
		B_1	B_2
Landschnecken	2	100	0
	4	100	0
	5	0	100
	6	~40	~60
	7	0	100
Süßwasserschnecken	10	~56	~36
	12	~89	~6
	13	~40	~60

Die kalkkonkretionären Aufblähungen von Landschneckengehäusen treten in den Horizonten B_1 und B_2 mit etwa gleicher Häufigkeit auf. Bei den Süßwasserschnecken dagegen zeigen die expandierten Gehäuse in Schicht B_1 ein deutliches Maximum; sie lassen in dieser Schicht eine raschere und stärkere Sedimentüberdeckung mit nahezu quantitativer Vernichtung und Einbettung der autochthonen Fauna wahrscheinlich erscheinen. Auch die absolute Individuenzahl der wichtigsten Wasserschnecken-Arten ist in Schicht B_1 wesentlich größer als in Schicht B_2 . Die durch die katastrophalen Schichtfluten in Schicht B_1 weitestgehend vernichtete Lebensgemeinschaft dürfte sich in einer nur kurzzeitig ruhig-limnischen Phase bis zum Hochwassereintrich in Schicht B_2 so noch nicht wieder völlig regeneriert haben. Wenn auch als Ursache dieser Verarmung der Wasserschneckenfauna verschlechterte Lebensbedingungen im limnischen Biotop durch seichteres, trüberes oder stärker strömendes Wasser möglich wäre (GALL 1972, 29), so läßt sich doch der Komplex B nicht als eine einzige, einheitliche Schicht erklären. Vielmehr zeigt die hier angewandte Methode — trotz geringer Individuenzahl bei mehreren Arten und grober statistischer Methoden, daß Schicht B_1 und Schicht B_2 zwar genetisch annähernd gleichartige, zeitlich jedoch g e t r e n n t e Sedimentfolgen sind.

Angeführte Schriften

- ALBRECHT, K. & FURTAK, H.: Die tektonische Verformung der Fossilien in der Faltenmolasse Oberbayerns zwischen Ammer und Leitzach. — Geol. Mitt., 5, 227—248, 14 Abb., 4 Tab., Aachen 1965.
- FAHLBUSCH, V.: Die Cricetiden (Mamm.) der Oberen Süßwasser-Molasse Bayerns. — Abh. Bayer. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., N. F. 118, 1—136, 67 Abb., 7 Taf., München 1964.

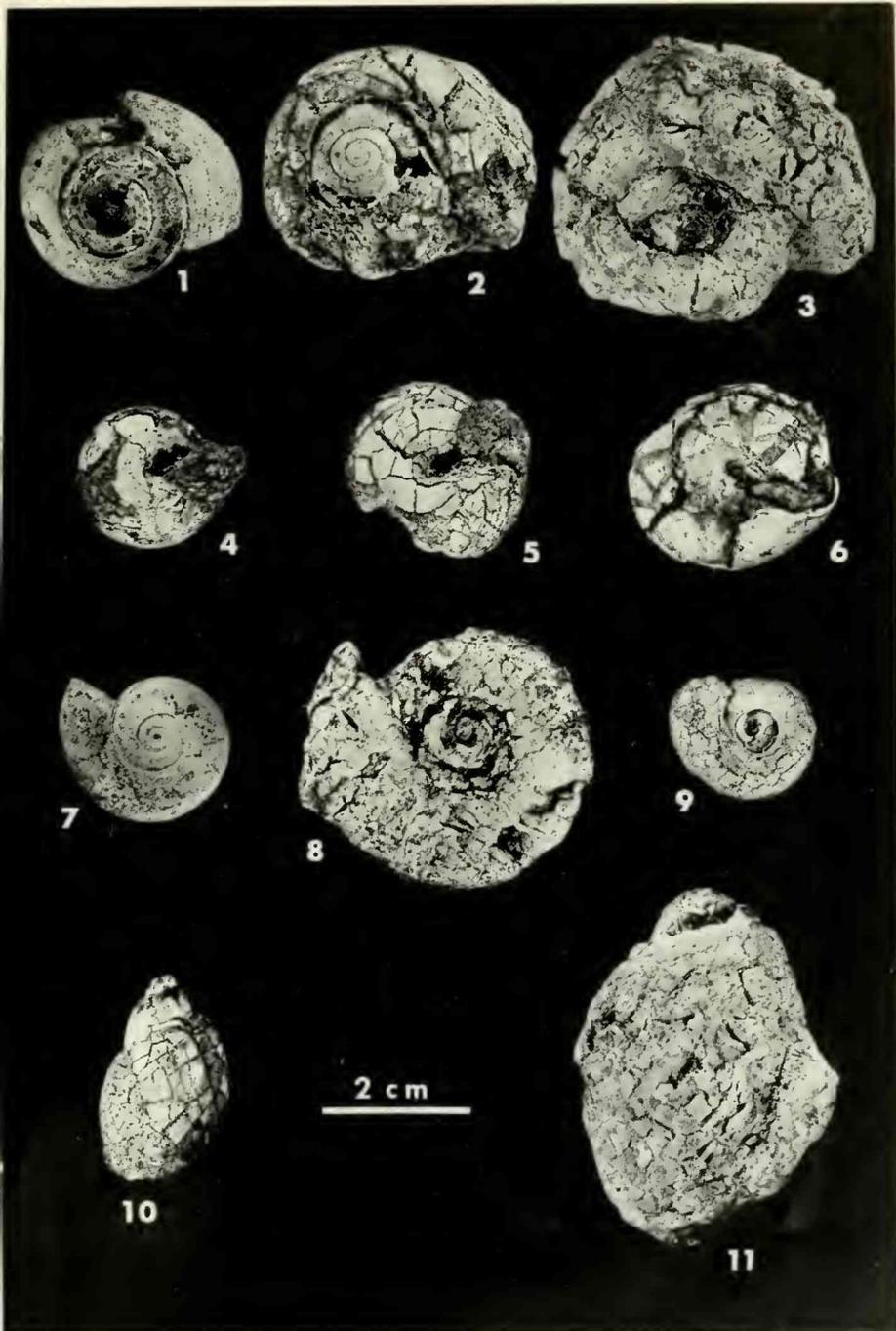
- FAHLBUSCH, V. & GALL, H.: Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen. 1. Entdeckung, Geologie, Faunenübersicht und Grabungsbericht für 1969. — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 10, 365—396, 9 Abb., 1 Taf., München 1970.
- FAHLBUSCH, V., GALL, H. & SCHMIDT-KITTLER, N.: Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen. 2. Sediment und Fossilinhalt — Probleme der Genese und Ökologie. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1972, 6, 331—343, Stuttgart 1972.
- FANCK, A.: Die bruchlose Deformation von Fossilien durch tektonischen Druck und ihr Einfluß auf die Bestimmung der Arten. Beobachtet und bearbeitet an den Pelecypoden der St. Galler Meeresmolasse. — Diss. Univ. Zürich, 59 S., 9 Abb., Zürich 1930 — [Mskr.].
- GALL, H.: Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen. 4. Die Molluskenfauna (Lamellibranchiata, Gastropoda) und ihre stratigraphische und ökologische Bedeutung. — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 12, 3—32, 3 Abb., 1 Tab., München 1972.
- HAYES, J. B.: Geodes and concretions from the Mississippian Warsaw Formation, Keokuk Region, Iowa, Illinois, Missouri. — J. Sediment. Petrol., 34, 1, 123—133, 12 Fig., Menasha 1964.
- HFISSIG, K.: Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen. 5. Rhinocerotidae (Mammalia), Systematik und Ökologie. — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 12, 57—81, 2 Abb., 1 Taf., München 1972.
- LIPPMANN, F.: Ton, Geoden und Minerale des Barrême von Hoheneggelsen. — Geol. Rdsch., 43, 475—503, 4 Abb., Stuttgart 1955.
- MÜLLER, A. H.: Lehrbuch der Paläozoologie. Band I: Allgemeine Grundlagen. — 387 S., 228 Abb., Jena 1963.
- SCHMIDT-KITTLER, N.: Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen. 3. Suidae (Artiodactyla, Mammalia). — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 11, 129—170, 23 Abb., 2 Taf., München 1971.
- SCHMIDT-KITTLER, N.: Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen. 6. Proboscidea (Mammalia). — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 12, 83—95, 3 Abb., 2 Taf., München 1972.
- WEEKS, L. G.: Environment and mode of origin and facies relationships of carbonate concretions in shales. — J. Sediment. Petrol., 23, 3, 162—173, 5 Fig., Menasha 1953.
- WEEKS, L. G.: Origin of carbonate concretions in shales, Magdalena Valley, Colombia. — Bull. Geol. Soc. Amer., 68, 95—102, 1 Fig., 4 Pls., New York 1957.

Tafelerklärung

Tafel 1

Verschiedene Stadien der Aufblähung von Gastropodengehäusen aus der Fundschicht Sandelzhausen

- Fig. 1—3: *Tropidomphalus* — Reihe (Oberseite)
- 1: *Tropidomphalus* (*P.*) *extinctus* (RAMBUR) — nicht aufgebläht
 - 2: *Tropidomphalus* sp. — durchschnittlich aufgebläht
 - 3: *Tropidomphalus* ? sp. — stark aufgebläht
- Fig. 4—6: *Cepaea eversa larteti* (BOISSY) — Reihe (Unterseite)
- 4: *Cepaea eversa larteti* (BOISSY) — nicht aufgebläht
 - 5: *Cepaea eversa larteti* (BOISSY) — durchschnittlich aufgebläht
 - 6: *Cepaea* cf. *eversa larteti* (BOISSY) — stark aufgebläht
- Fig. 7—8: *Planorbarius cornu mantelli* (DUNKER) — Reihe (Unterseite)
- 7: *Planorbarius cornu mantelli* (DUNKER) — nicht aufgebläht
 - 8: *Planorbarius* cf. *cornu mantelli* (DUNKER) — stark aufgebläht
- Fig. 9: *Planorbarius sansaniensis* (NOULET) — Unterseite
- Fig. 10—11: *Radix socialis dilatata* (NOULET) — Reihe
- 10: *Radix* (*R.*) *socialis dilatata* (NOULET) — nicht aufgebläht
 - 11: *Radix* (*R.*) cf. *socialis dilatata* (NOULET) — stark aufgebläht.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Histor. Geologie](#)

Jahr/Year: 1973

Band/Volume: [13](#)

Autor(en)/Author(s): Gall Horst

Artikel/Article: [Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen. 8. Konkretionäre Aufblähung von Gastropodengehäusen 3-18](#)