

Documenta naturae

Nr. 192 Vol. 3

2013

ISBN: 978-3-86544-192-8 ISSN 0723-8428

**Herausgeber der Zeitschrift Documenta naturae im
Verlag (Publishing House) Documenta naturae - München (Munich)**

Dipl.-Geol. A. Heyng, Alramstr. 30, 81371 München, heyng@amh-geo.de

Berater:

Editor emeritus: Dr. Hans-Joachim Gregor, Daxerstr. 21, 82140 Olching

Editor emeritus: Dr. Heinz J. Unger, Nußbaumstraße 13, 85435 Altenerding

Vertrieb: Dipl.-Ing. Herbert Goslowsky, Joh.-Seb.-Bach-Weg 2, 85238 Petershausen,
e-mail: goslowsky@documenta-naturae.de

Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge mit Themen aus den Gebieten
Geologie, Paläontologie (Lagerstättenkunde, Paläophytologie, Stratigraphie usw.),
Botanik, Zoologie, Anthropologie, Domestikationsforschung, u.a.

Die Sonderbände behandeln unterschiedliche Themen aus den Gebieten Natur-
Kunst, Natur-Reiseführer oder sind Neuauflagen alter wissenschaftlicher Werke oder
spezielle paläontologisch-biologische Bestimmungsbände für ausgewählte Regionen.

Für die einzelnen Beiträge zeichnen die Autoren verantwortlich,
für die Gesamtgestaltung die Herausgeber.

©copyright 2013 Documenta Verlag. Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist
urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb des Urheberrechtsgesetzes bedarf
der Zustimmung des Verlages. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen jeder Art,
Übersetzungen, Mikroverfilmungen und für Einspeicherungen in elektronische Systeme.

Gestaltung und Layout: H.-J. GREGOR & A. HEYNG

Umschlagbild: Oben von links nach rechts: Titelseiten von Kohring & Schlüter 1997, Kohring
1997, Kohring & Kreft 2003, Kohring 1999, Kohring & Schlüter 1993. Unten von links nach
rechts: Titelseiten von Kohring 2001, Kohring 1993, Kohring 2011, Kohring 1996, Kohring
2007 (Fechner-Gedenkband)

www.documenta-naturae.de

München 2013

Inhalt

M.F.G. WEINKAUF, H. KEUPP & J. MUTTERLOSE: Calcareous dinoflagellates from the Late Hauterivian (Early Cretaceous) of Frielingen, Germany.....	241-271
H.-J. GREGOR, M. SACHSE & A.E. RICHTER: Koprolithen, Cololithen, Otolithen, Gastrolithen, Statolithen und weitere somatische Sekretionen - Steine im Ohr, im Magen, im Darm oder sonst wo - Versuch einer systemischen und systematischen Lösung.....	273-352
H.-J. GREGOR: Buchbesprechungen.....	353-358

Calcareous dinoflagellates from the Late Hauterivian (Early Cretaceous) of Frielingen, Germany

M.F.G. WEINKAUF, H. KEUPP & J. MUTTERLOSE

Abstract

A pale–dark bedded claystone–marlstone succession of Late Hauterivian age (Simbirskites discofalcatus ammonite Zone, Early Cretaceous), exposed in the clay-pit Frielingen, Germany (Lower Saxony Basin), was investigated with respect to its calcareous dinoflagellate cyst content. This study aimed at a better understanding of the usefulness of calcareous dinoflagellate cysts to reconstruct palaeoenvironments, and an evaluation of the postulated palaeoenvironmental trends associated with Lower Cretaceous pale–dark bedding rhythms. The ratio of abundant taxa, character traits of cysts, and the results of statistical species analyses were used for that study. Current models of sea level fluctuations and sea surface temperature were modified on the basis of the composition of calcareous dinoflagellate assemblages. Superimposed on a general sea level rise, a regressive interval with high sea surface water temperatures is reflected by the thick bed 118. This distinctively warm interval is represented by a dark bed, which are commonly interpreted to indicate cooler surface waters. It is therefore necessary to review the palaeoenvironmental interpretation of pale–dark bedding rhythms of claystone successions of the Boreal Realm. Factors other than sea surface temperature seem to be important as well.

The species *Pirumella edgarii* was found to favour time intervals with higher sediment input. The newly described species *Pirumella?* sp. nov. may perhaps indicate similar environments in warmer water masses. The species *Pirumella tanyphloia* has been emended, we suggest

Authors' addresses

Dipl.-Geol. Manuel F. G. Weinkauf, MARUM, University Bremen, Leobener Str., 28359 Bremen, Germany; mweinkauf@marum.de

Prof. Dr Helmut Keupp, Freie Universität Berlin, Institut für Geologische Wissenschaften, Malteserstr. 74–100, 12249 Berlin, Germany; keupp@zedat.fu-berlin.de

Prof. Dr Jörg Mutterlose, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Geowissenschaften, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Universitätsstr. 150, 44780 Bochum, Germany; joerg.mutterlose@rub.de

including it in *Pirumella multistrata forma tanyphloia*. Moreover, the pithonelloid cysts found in Frielingen are currently the oldest of their kind.

Keywords: Lower Saxony Basin, Late Hauterivian, Calcareous dinoflagellate cysts

Content	Page
1 Introduction	242
2 Material and methods	245
2.1 Material	245
2.2 Sample preparation	246
2.3 Data analysis	247
3 Results	248
3.1 Systematic palaeontology	248
3.2 Assemblage of calcareous dinoflagellate cysts in the clay-pit Frielingen	249
4 Discussion	254
4.1 Assemblage of calcareous dinoflagellate cysts in Frielingen	256
4.1.1 Current knowledge about ecological preferences of calcareous dinoflagellate cysts and the environment represented by pale–dark bedded Cretaceous sediments	257
4.1.2 Interpreting the palaeoenvironment on the basis of calcareous dinoflagellate cysts in Frielingen	258
4.2 Morphology of calcareous dinoflagellate cysts in Frielingen	261
5 Conclusions	263
Acknowledgements	263
References	264
Plates	270

1 Introduction

The taxon *Dinoflagellata* (BÜTSCHLI, 1885) FENSOME et al., 1993 is a highly diverse lineage of mainly unicellular, alveolate eukaryotes. Many dinoflagellates have the ability to build resting cysts, the only form in which these protists are documented in the fossil record. The cysts are either formed during times of unfavourable environmental conditions or for reproductive purposes (BELOW, 1987; DODGE & LEE, 2000). In the latter case, two different types of cysts can be distinguished: (1) cysts built during asexual reproduction and (2) cysts used for sexual reproduction (BELOW, 1987). According to TAYLOR et al. (2008), approximately 15 per cent of the extant taxa produce resting cysts during sexual reproduction, forming the majority of the cysts documented in the fossil record (BELOW, 1987; DALE, 1983). The cyst walls consist either of dinosporine or calcite (DODGE & LEE, 2000; TAYLOR et al., 2008).

The oldest possible calcareous dinoflagellate cysts were described from the Late Triassic (JANOFKSKE, 1992; JANOFKSKE & KEUPP, 1992). Calcispheres described by SERVAIS et al. (2009) from the Silurian are of doubtful affinity to the dinoflagellates. A phylogenetic approach by GOTTSCHLING et al. (2008) calculated Late Jurassic divergence times for the calcareous dinoflagellates. The time of origin of the *Dinoflagellata* in general is problematic, but is thought to be of Proterozoic/early Palaeozoic (chemical markers found by MENG et al.,

2005; MOLDOWAN & TALYZINA, 1998; PRATT et al., 1991) or Triassic age (BERNEY & PAWLOWSKI, 2006; FENSOME et al., 1996; MOCZYDŁOWSKA et al., 2011).

Calcareous dinoflagellate cysts are characterized by cyst walls composed of calcite. Taxonomically they are included in the taxon Thoracosphaeraceae (SCHILLER, 1930) due to evidence for a monophyletic relationship with the extant species *Thoracosphaera heimii*, which develops calcareous coccooid cells (TANGEN et al., 1982). An exception is the taxon ‘Pithonelloideae’ (set in inverted commas hereafter because the validity of the monophyletic nature of the taxon is heavily disputed), a group that has long been included in calcareous dinoflagellate cysts (compare KEUPP, 1987). FENSOME et al. (1993) objected a close relationship between ‘Pithonelloideae’ and other calcareous dinoflagellate cysts, and other authors argue against the possibility that they are dinoflagellate cysts or even dinoflagellates (e.g. STRENG, 2003; STRENG et al., 2009; STRENG et al., 2004; VERSTEEGH et al., 2009). Despite the fact that the ‘Pithonelloideae’ may not even represent a monophylum, WENDLER et al. (2002a) suggested that some of them might comprise coccooid cells homologue to *T. heimii*. Recently, WENDLER & BOWN (2013) also provided evidence that ‘Pithonelloideae’ may yet be strongly recrystallized calcareous dinoflagellate cysts. With these taxonomic problems in mind, the ‘Pithonelloideae’ observed in the samples of the Frielingen section were included in our analyses.

Apart from studies that focus on taxonomic aspects of the calcareous dinoflagellate cysts (e.g. KEUPP, 1981, 1987; KEUPP & MUTTERLOSE, 1984; KOHRING, 1993; REHÁKOVÁ & MICHALÍK, 1996), several authors tried to interpret assemblages of calcareous dinoflagellate cysts with respect to their palaeoenvironmental implications (e.g. ESPER et al., 2000; KEUPP, 1991, 1993, 2001; KEUPP & KOWALSKI, 1992; KOHRING et al., 2005; MONNET, 1993; NEUMANN, 1999; WENDLER et al., 2002a, b). Both taxonomic and palaeoecological interpretations are getting complicated due to a variety of problems described hereafter. Following early studies of calcareous dinoflagellate cysts, two different approaches have been established. Cysts preserved in limestones were investigated using thin sections and a polarisation microscope (e.g. VOGLER, 1941; WANNER, 1940). Isolated cysts from soft rocks were investigated via a scanning electron microscope (SEM) (e.g. ANDRI & AUBRY, 1973; BANNER, 1972; BOLLI, 1974). These two approaches caused different systematic assignments for presumably the same taxa of calcareous dinoflagellate cysts. For a detailed description and comparison of both systematic catalogues see KEUPP et al. (1992). A systematical approach for calcareous dinoflagellate cysts based on the orientation of the crystals in the cyst walls was suggested by KEUPP (1987) and extended by JANOFKSKE (1992) and KOHRING (1993). Other taxonomic systems introduced used the morphology of the archaeopyle (STRENG et al., 2004) or morphological rankings (KEUPP, 1991).

None of these latter taxonomic approaches could be applied here, because the cysts from the Lower Cretaceous neither show complex archaeopyles nor an extensive paratabulation. For our studies, we therefore used a system purely based on cyst wall morphology. Specimens with strictly radially oriented crystals are assigned to the radial group. Since our SEM images did not enable us to measure the crystallographic c-axis of the wall crystals, this group could theoretically include the former subfamilies Orthopithonelloideae (KEUPP, 1987) and Fuetterelloideae (KOHRING, 1993). The occurrence of specimens of the latter group,

however, is highly unlikely, because they have not yet been found in pre-Cenozoic sediments.

To the pithonelloid group are assigned all specimens with consistently oblique wall crystals, which are all oriented in the same direction. The oblique group contains all specimens with wall crystals that are not ordered in any particular pattern (former *Obliquipithonelloideae* (KEUPP, 1987)).

This method suffers from the problem that different actual species of dinoflagellates may have produced morphologically similar looking cysts thus representing ecophenotypes (hereafter called morphotypes). Consequently, we will only use those descriptive terms in our work, and refer to the old taxonomical subfamilies only where they are required when referring to earlier works.

An additional taxonomical problem arises with the former genus *Orthopithonella*, which was revised by STRENG et al. (2002) and meanwhile only contains the species *Orthopithonella gustafsonii*. All other species of the genus mentioned in this work are therefore marked with question marks behind the genus name, to indicate their uncertain assignment.

The unclear biological subdivision of the calcareous dinoflagellate cysts into subordinated taxa, however, offers one advantage. Investigations by MONNET (1993) revealed that *Orthopithonelloideae* are likely able to actively control the pattern of their cyst walls, but the ultrastructure of the cyst walls of the *Obliquipithonelloideae* is heavily influenced by environmental factors. Different morphotypes of calcareous dinoflagellate cysts are therefore likely to be indicative of different palaeoenvironments. It was suggested that radial forms favour more pelagic sea regions (KEUPP, 1992, 2001; KOHRING, 1993; WENDLER et al., 2002a), although some morphotypes (i.e. *Echinodinella* spp. and *Orthopithonella? porata*) may indicate eutrophic neritic environments (NEUMANN, 1999). ‘*Pithonelloideae*’ are thought to characterize shelf environments (DIAS-BRITO, 2000; WENDLER et al., 2002a), or transgressive phases (ZÜGEL, 1994); *Pithonella ovalis* indicates a more distant shelf than *Pithonella sphaerica* (WENDLER et al., 2002a). ‘*Pithonelloideae*’ and *Heptasphaera michaelii* are furthermore taxa known from the Tethys, and therefore indicate Tethyan influxes (KEUPP, 1993). Oblique morphotypes with coarse wall crystals, and *Praecalcionellum* spp. have been interpreted as cold water indicators (KEUPP, 1991, 2001). Fine crystalline oblique forms, especially *Pirumella multistrata forma excentrica*, and *Echinodinella* spp. might indicate the presence of warmer water masses (KEUPP, 1981, 1992, 1993).

All the aforementioned studies only investigated calcareous dinoflagellate cysts in certain areas and time slices. Little is known about the applicability of those ecological preferences of morphotypes of calcareous dinoflagellate cysts across wider spatial and temporal ranges. Nevertheless, a more thorough understanding of the applicability of calcareous dinoflagellate cysts is necessary, if the group should be applied as a palaeo-proxy in the future. Since the pale-dark bedding in the Lower Cretaceous sediments of northern Germany is often attributed to changes in the palaeoenvironment (MUTTERLOSE & RUFFELL, 1999), we hypothesize that assemblages of calcareous dinoflagellate cysts should differ between pale and dark beds in such successions. Consequently, we use the assemblage of calcareous dinoflagellate cysts in Upper Hauterivian sediments from the clay-pit Frielingen to test that hypothesis, and try to use them to reconstruct basic trends of the local palaeoenvironment.

2 Material and methods

2.1 Material

The clay-pit, from which the samples were collected bed-by-bed, is situated about 20 km northwest of Hanover (Germany), approximately 2 km northwest of the village Frielingen (52°28'46.02" N, 09°30'33.20" E) (Fig. 1). Detailed descriptions of the succession were given by MUTTERLOSE (1984), MUTTERLOSE (1998), and MUTTERLOSE & RUFFELL (1997). Situated in the central part of the Lower Saxony Basin, the southernmost extension of the North Sea Basin (ZIEGLER, 1990), the sediments were deposited in vicinity to Rheno-Bohemia to the south and to the Pompeckj Block to the north (Fig. 2). Floral and faunal exchanges with the Tethys became possible in the middle and latest Hauterivian via the Carpathian Seaway to the east (MUTTERLOSE et al., 1998).

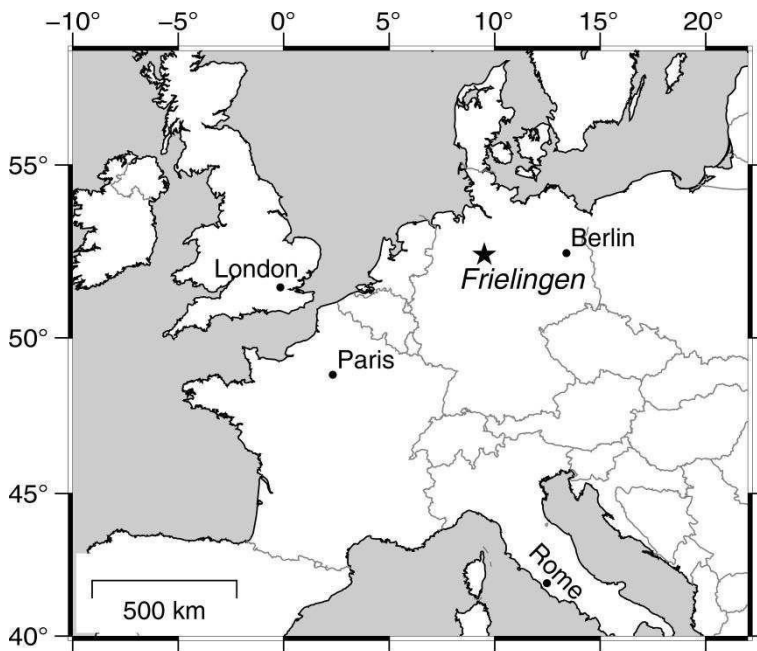


Fig. 1: Location of the clay-pit Frielingen (star) in Germany and northern Europe.

In Frielingen, rhythmically pale–dark bedded (22 rhythms altogether) claystones and marlstones of the Simbirskites *discofalcatus* ammonite Zone (upper Hauterivian) are exposed. These strata represent the topmost unit of Hauterivian sediments and of the regionally so-called Simbirskites Beds, which in turn belong to the informal unit of the Clay–Marl Alternating Sequence—an official formation name has not yet been assigned to these strata. The pale beds show thicknesses of about 10–30 cm (MUTTERLOSE, 1984) and are characterized by relatively high carbonate contents of 12–53 per cent and lower C_{org} -values than the adjacent dark layers (MUTTERLOSE, 1998; MUTTERLOSE & RUFFELL, 1997). The dark beds are generally thicker (MUTTERLOSE, 1984) and contain only 5–23 per cent of $CaCO_3$. Thin (10–20 cm) and seemingly continuous layers of calcareous nodules are common throughout the sequence and those nodules appear to be larger in the pale beds (MUTTERLOSE, 1984). Furthermore, the sediment contains pyrite nodules and pyritised burrows of unknown assignment together with ichnofossils of the genera *Chondrites*, *Planolites*, and *Thalassinoides*.

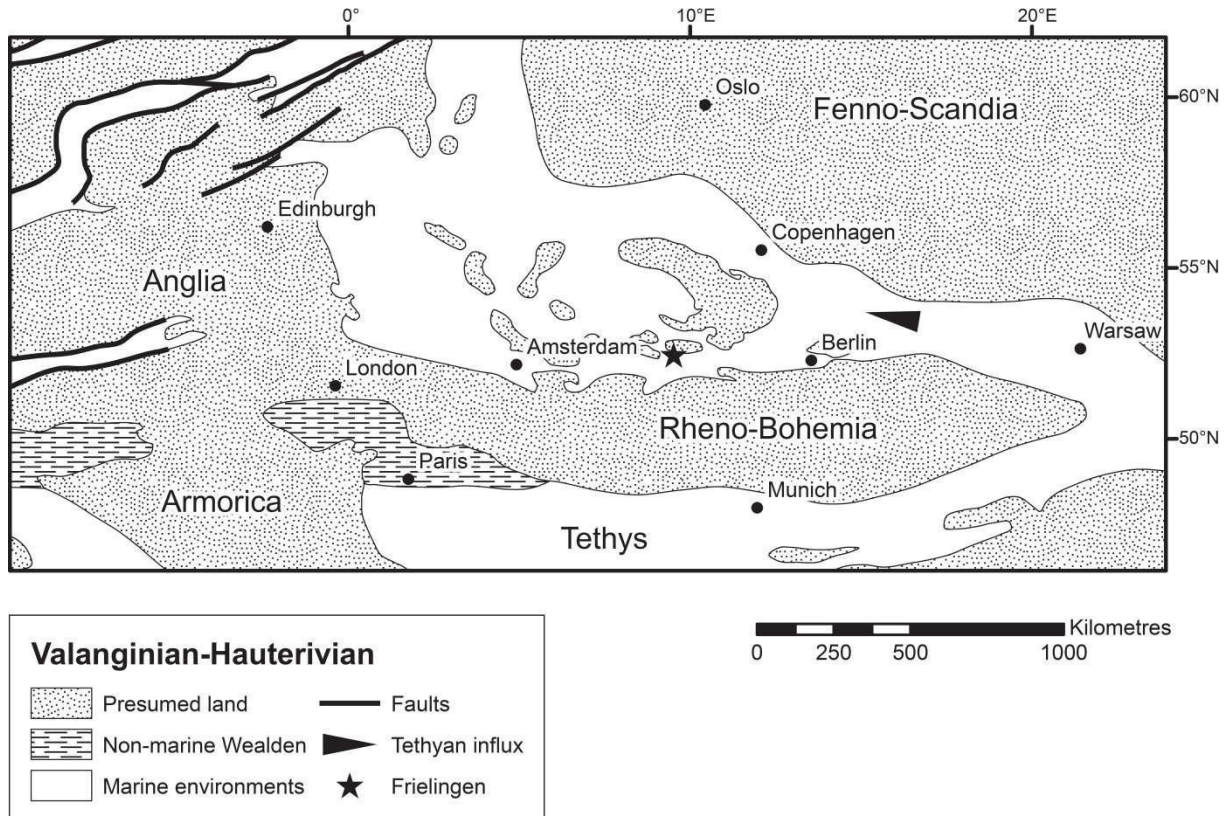


Fig. 2: Palaeogeographic position of the clay-pit Frielingen during Valanginian–Hauterivian times between Rheno-Bohemia (to the south) and the Pompeckj Block (to the north). Tethyan influx occurred several times via the Carpathian Seaway to the east. Redrawn and modified from MUTTERLOSE (1997, fig. 7).

2.2 Sample preparation

MUTTERLOSE (1984) established a bed numbering for the clay-pit Frielingen, in which even numbers represent dark beds and odd numbers represent pale beds, respectively. The 25 samples investigated in this study were taken from the lowermost part of the succession, from the beds 101, 102, and 106–119. Samples are not evenly spaced and some thicker beds are represented by more than one sample (Fig. 3). The samples were suspended in tap water and washed through a 20 μm mesh using tap water. The sieved sample-fraction $>20 \mu\text{m}$ was dried, and calcareous dinoflagellate cysts were picked using a stereomicroscope with a max. magnification of 100 \times . In general 100–200 cysts per sample were picked, however, some samples yielded less abundant assemblages. The cysts were mounted on aluminium stubs of about 1 cm in diameter using adhesive carbon pads, and sputtered with gold. The cysts were then studied with an SEM, using either a Cambridge Instruments Stereoscan 360 or a Zeiss Supra 40VP. After a first investigation of the cysts' exterior surfaces, most of the cysts were cracked with a needle under the stereomicroscope, gold-covered again, and once more investigated with the SEM to obtain information about their wall-structure. A total of 3196 cysts was examined and their morphotype was determined. Furthermore, the cyst-size, number of wall layers, and thickness of each wall was measured. All material is stored at the Freie Universität Berlin, Germany.

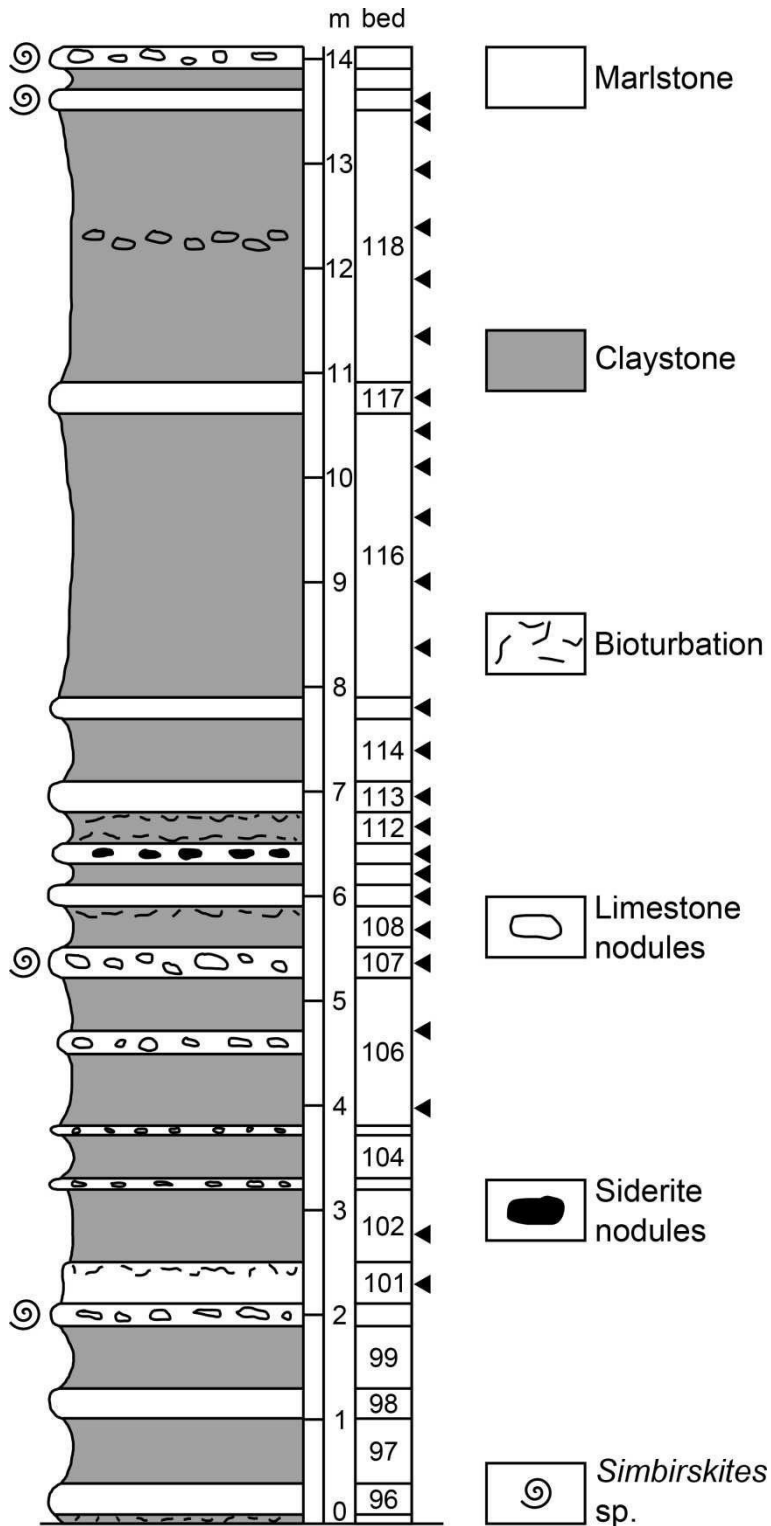


Fig. 3: Lithology of the lower parts of the succession of the clay-pit Frielingen. This part of the section belongs to the *Simbirskites discofalcatus* ammonite Zone, and occurrences of that ammonite genus are indicated in the figure. The solid black triangles to the right of the bed numbering mark the position of the samples (101/1 to 119/1) that were investigated in this work. Based upon MUTTERLOSE & WIEDENROTH (2009, fig. 3).

2.3 Data analysis

Relative abundances of the different morphological groups and morphotypes, the sizes of selected morphotypes, number and thickness of wall layers, and the abundances of morphotypes with coarse and fine wall crystals were analysed with respect to their palaeoenvironmental implications. All raw data are available via <http://www.pangaea.de/> (doi:10.1594/PANGAEA.816314). Confidence intervals for morphotype abundances were calculated using approaches proposed for multinomial proportions (HESLOP et al., 2011; HOU et al., 2003). Confidence intervals for median cyst sizes were calculated on the basis of

the Binomial distribution (CONOVER, 1980). Statistical tests, as implemented in the software PAST (HAMMER et al., 2001) were applied in order to further emphasize ecological signals in the assemblages. The Shannon–Wiener Index $H' = \sum p_i \ln p_i$ (with p_i as proportion of morphotype i) was used to calculate the diversity of the assemblage of calcareous dinoflagellate cysts per sample (SHANNON & WEAVER, 1949). On the basis of the diversity, Pielou's Equitability (normalized for species richness) $J = H'/H_{\max}$ was calculated to assess the evenness of the assemblage (PIELOU, 1977). Another parameter of interest was the similarity between samples of pale and dark beds, respectively. The Morisita Similarity Index MO was used for that purpose, for it is normalized for absolute abundances and robust against changing sample size (MORISITA, 1959). The difference in morphotype composition between pale and dark beds was calculated using ANOSIM (CLARKE, 1993; LEGENDRE & LEGENDRE, 1998).

3 Results

3.1 Systematic palaeontology

Dinoflagellata (BÜTSCHLI, 1885) FENSOME et al., 1993

Dinokaryota FENSOME et al., 1993

Dinophyceae PASCHER, 1914

Peridiniphyceidae FENSOME et al., 1993

Peridinales HAECKEL, 1894

Pirumella? sp. nov.

Plate 1

Holotype. Cyst 118.5b-133, (cracked), (Plate 1A), SEM micrographs 'Frielingen 118.5b_153.tif', 'Frielingen 118.5b_154.tif'.

Paratypes. Cysts 118.2-96, 118.4c-5, and 118.5b-102, (cracked), (Plate 1B–E).

Repository. The material is stored at the Freie Universität Berlin, Institut für Geologische Wissenschaften, Malteserstr. 74–100, 12249 Berlin, Germany. Cysts were cracked according to the normal designation procedure, but fragments are still on the SEM stubs and can be investigated.

Type locality and type horizon. Clay-pit near Frielingen, northeast of Hanover (Lower Saxony Basin), Germany; Late Hauterivian, Simbirskites discofalcatus ammonite Zone.

Diagnosis. Ovoid cyst with mean diameter of 31.10 μm (27.77–34.42 μm). Outer wall composed of coarse, radially arranged crystals (length:width ratio = 2:1), average thickness c.1.2 μm . Inner wall very thin (0.2–0.6 μm).

Description. The investigated samples contained 27 cysts of this morphotype, most of which were discovered in bed 118. The cysts of that morphotype are mostly slightly ovoid in shape. They are between 28.86 and 41.00 μm in average diameter (average: 32.83 μm). The outer

wall consists of strictly radially arranged crystals. The crystals are relatively coarse and show a length:width ratio of approximately 2:1. The outer wall is between 0.85 and 1.66 μm , in average 1.23 μm thick. An inner wall layer is mostly, but not always, developed. If it is present, it is always much thinner than the outer wall layer: 0.18–0.59 μm , on average 0.34 μm . The microstructure of the inner wall can therefore hardly be determined. Generally the crystals in the inner wall seem not to be strictly radially arranged. In at least one specimen the inner wall seems to be composed of larger, radially arranged crystals with an approximated length:width ratio of 1:1, but this could be the result of recrystallization.

Remarks. Due to the fact that the inner wall is very thin, its microstructure could not be investigated thoroughly. It seems that the inner wall is composed of arbitrary arranged crystals, what would put that morphotype in close vicinity to the genus *Ruegenia* (compare KEUPP et al., 1992; WILLEMS, 1992). This, however, cannot be confirmed without doubt. *Pirumella?* sp. nov. resembles *Ruegenia hadra* KEUPP et al., 1992, but is distinguished from it by the smaller size, the thinner outer wall layer, and the much thinner or even missing inner wall layer. Due to these uncertainties, in combination with the current overturn in taxonomy of calcareous dinoflagellate cysts, the species is described in open nomenclature.

Peridinales HAECKEL, 1894

Pirumella (BOLLI, 1980) STRENG et al., 2009

Pirumella multistrata forma *tanyphloia* (KEUPP & MICHAEL, 1979) comb. nov.

- 1979 *Pithonella tanyphloia* sp. nov.; KEUPP in KEUPP & MICHAEL, pp. 29–30, plate 6 (figs 1–8).
- 1984 *Obliquipithonella tanyphloia* (KEUPP in KEUPP & MICHAEL, 1979) comb. nov.; KEUPP & MUTTERLOSE, p. 160, plate 22 (figs 4–8).
- 1993 *Pirumella tanyphloia* (KEUPP in KEUPP & MICHAEL, 1979) comb. nov.; LENTIN & WILLIAMS, p. 522.

Remarks. KOHRING (1993) introduced a taxonomy to describe species of the genus *Pirumella* (e.g. *Pirumella excentrica*, *Pirumella patriciagreeleyae*), which was named *Obliquipithonella* at that time, as formae of *Pirumella multistrata*. According to these interpretations, species which show only minor deviations of a common structure should be seen as a variety of the same species. KOHRING (1993) therefore combined several fine-crystalline oblique species as formae of *Pirumella multistrata*, as they all show the same characteristics with an outer wall composed of fine, obliquely arranged crystals and a fine crystalline inner wall layer. Following this approach we handle the former species *Pirumella tanyphloia* in the same way, since it represents specimens of *Pirumella multistrata* with very thin outer walls.

3.2 Assemblage of calcareous dinoflagellate cysts in the clay-pit Frielingen

A total of 32 morphotypes of calcareous dinoflagellate cysts were found in the samples studied (Table 1). Information about these taxa can be obtained from various publications (e.g. KEUPP, 1981; KOHRING, 1993; ZÜGEL, 1994). We want to add, however, some

information on how selected taxa have been treated in this study: *Praecalcionellum mutterlosei* is characterized by a crooking of the sulcus in the cingular region, which cannot be observed when the cyst is mounted on the stub unfavourable. Although to our best knowledge no other species of *Praecalcionellum* has yet been found in sediments of the Hauterivian, we assigned specimens in which the sulcus is not clearly visible to *Praecalcionellum* cf. *mutterlosei*. *Pirumella* aff. *carteri* and *Pirumella* aff. *mcnightii* represent cysts of different morphotypes, in which the outer wall layer had been removed, so that they have a very low taxonomical and analytical value due to their nature as damaged cyst. *Pirumella multistrata* forma *patriciagreeleyae* is further subdivided into two types. In type A, the overgrowing crystals do not exceed the surface area of five or six base crystals, while in type B the cyst surface is overgrown by much larger crystals (KEUPP, 1992). *Pirumella robinsonii* is similar to *P. multistrata* forma *patriciagreeleyae* type B, but in the former morphotype the large surface crystals cover only a small area of the surface area. For consistency, in this study cysts were designated as *P. robinsonii* when the large crystals covered less than 50 per cent of the cysts' surface. It is nevertheless recommended to abandon the morphotype *P. robinsonii* in favour of *P. multistrata* forma *patriciagreeleyae* type B in the future.

The oblique group is the most abundant group of calcareous dinoflagellate cysts in the succession (Fig. 4). Their proportion of the assemblage never drops below 68 per cent and they occur in high abundances in the upper part of the section (despite a considerable decrease between samples 118/5 and 119/1). In the lowermost part of the section, however, the oblique group is partly replaced by high numbers of radially crystalline cysts (up to about 30 per cent in sample 107/1). After a decline of the radial group in sample 108/1, their amount increases subsequently until it reaches nearly 20 per cent in sample 119/1. The pithonelloid group becomes more abundant in the dark beds 102/1 (1 per cent), 106/2 (2 per cent), and 108/1 (9 per cent); though they are completely absent in the pale beds in between. After that interval there are only minor peaks in the abundance of pithonelloid cysts, with the most pronounced one in sample 116/1 (about 4 per cent).

Echinodinella levata is abundant in the lower part of the section and reaches peak abundances of more than 13 per cent in sample 102/1 (Fig. 5), after that, *E. levata* only sporadically appears as an accessory part of the flora. *Praecalcionellum mutterlosei* and *P. cf. mutterlosei* reach a maximum abundance shortly afterwards in sample 107/1, after that they occur only sporadically. *Pirumella?* sp. nov. is rare in samples other than those of bed 118 (though small peaks occur in samples 106/2, 110/1, and 116/4). The abundance of *Pirumella?* sp. nov. grows from sample 118/1 (nearly 1 per cent) to 118/2 (about 3.6 per cent). In sample 118/3 the abundance drops and the morphotype is absent in sample 118/4. Sample 118/5 shows a peak value in the proportion of *Pirumella?* sp. nov. (more than 7 per cent), before the morphotype is absent in sample 119/1.

For the oblique group, *P. multistrata* forma *patriciagreeleyae*, *Pirumella sheilasantawae*, and *Pirumella thayerii* are abundant in the lower part of the section (up to sample 116/1). From sample 111/1 to the top they are accompanied by *Pirumella pachystrata* (Figs 6, 7). *Pirumella loeblichii* also shows peak abundances in the lower part of the section. This morphotype is, together with *Pirumella multistrata* forma *tanyphloia* comb. nov., furthermore abundant in bed 116. *Pirumella multistrata* forma *excentrica* shows a bimodal distribution. A first interval of higher abundance occurs in samples 111/1–115/1, followed by a drop in bed 116 and a

pronounced bloom in bed 118. *Pirumella edgarii* is present throughout the complete succession, but both of the thicker dark beds 116 and 118 show particularly large amounts of that morphotype (Fig. 7).

Table 1: List of morphotypes of calcareous dinoflagellate cysts found in the samples from the clay-pit Frielingen.

MORPHOTYPE	SAMPLE
Radial group	
<i>Orthopithonella</i> aff. <i>gustafsonii</i> (BOLLI, 1974)	113/1, 114/1, 116/1, 117/1
<i>Orthopithonella</i> ? <i>porata</i> (KEUPP, 1982)	101/1–106/2, 111/1, 114/1–116/2, 116/4, 116/5, 118/1–118/3, 118/5, 119/1
<i>Orthopithonella</i> ? cf. <i>compsa</i> (KEUPP, 1982)	102/1, 106/1, 116/1
<i>Praecalcionellum</i> <i>mutterlosei</i> (KEUPP in KEUPP & MICHAEL, 1979)	101/1–107/1, 116/3, 118/1, 118/2, 118/4, 119/1
<i>Praecalcionellum</i> cf. <i>mutterlosei</i>	102/1, 106/1, 107/1, 109/1, 116/2, 116/4, 116/5, 118/1, 118/2, 118/4–119/1
<i>Echinodinella</i> <i>levata</i> (KEUPP, 1981)	101/1–106/1, 108/1, 110/1, 117/1
<i>Keuppisphaera</i> sp.	118/4
<i>Pirumella</i> ? sp. nov.	106/2, 110/1, 116/4, 118/1–118/3, 118/5
Oblique group	
<i>Pirumella multistrata</i> (PFLAUMANN and KRASHENINNIKOV, 1978)	101/1–119/1
<i>Pirumella</i> cf. <i>multistrata</i>	101/1–107/1, 109/1–119/1
<i>Pirumella multistrata</i> forma <i>tanyphloia</i> (KEUPP in KEUPP & MICHAEL, 1979) comb. nov.	101/1–106/1, 108/1–111/1, 113/1–117/1, 118/2, 119/1
<i>Pirumella multistrata</i> forma <i>excentrica</i> (KEUPP, 1979)	106/2–116/3, 116/5–119/1
<i>Pirumella quiltyi</i> (BOLLI, 1974)	101/1–119/1
<i>Pirumella pachystrata</i> ZÜGEL, 1994	101/1, 107/1, 109/1, 111/1–116/2, 117/1, 118/1
<i>Pirumella robinsonii</i> (BOLLI, 1974)	101/1–106/2, 113/1, 114/1, 116/1, 116/2, 118/3–118/5
<i>Pirumella multistrata</i> forma <i>patriciagreeleyae</i> (BOLLI, 1974)	101/1–116/1, 116/4–118/2, 118/4–119/1
<i>Pirumella thayerii</i> (BOLLI, 1974)	101/1, 106/1–114/1, 116/1–118/1, 118/4, 119/1
<i>Pirumella echinosa</i> (KEUPP, 1982)	106/1
<i>Pirumella</i> aff. <i>carteri</i> (BOLLI, 1974)	101/1–108/1, 110/1–118/5
<i>Pirumella loeblichii</i> (BOLLI, 1974)	101/1–119/1
<i>Pirumella strobila</i> (KEUPP in KEUPP & MICHAEL, 1979)	101/1–106/1, 109/1–111/1, 113/1, 116/2–116/4, 118/2, 118/4, 118/5
<i>Pirumella spinosa</i> (KEUPP in KEUPP & MICHAEL, 1979)	102/1, 107/1, 109/1, 111/1, 113/1, 116/4, 117/1, 118/2, 118/3
<i>Pirumella sheilasantawae</i> (BOLLI, 1974)	102/1, 106/1, 107/1–112/1, 115/1, 117/1, 118/2–119/1
<i>Pirumella edgarii</i> (BOLLI, 1974)	102/1–106/2, 110/1, 111/1, 113/1, 114/1, 116/1–116/5, 118/1–118/5
<i>Pirumella</i> cf. <i>sphenifera</i> (KEUPP, 1987)	102/1–106/2, 114/1, 116/1, 116/4–118/2
<i>Pirumella</i> aff. <i>mcnightii</i> (BOLLI, 1974)	102/1, 106/1, 108/1, 113/1, 114/1, 116/1, 116/2, 116/4, 118/2, 118/3, 118/5
<i>Bicarinellum calvum</i> (KEUPP in KEUPP & MICHAEL, 1979)	113/1, 117/1, 118/1
<i>Bicarinellum cristatum</i> KEUPP, 1982	113/1
<i>Heptasphaera michaelii</i> (KEUPP in KEUPP & MICHAEL, 1979)	101/1, 102/1, 111/1, 113/1, 116/3, 117/1, 118/4
<i>Alasphaera tuberculata</i> (PFLAUMANN & KRASHENINNIKOV, 1978)	110/1
Pithonelloid group (Plate 1)	
<i>Pithonella sphaerica</i> (KAUFMANN, 1865)	106/2, 108/1, 116/1, 118/4
<i>Pithonella ovalis</i> (KAUFMANN, 1865)	102/1, 106/2, 108/1, 111/1, 116/1, 118/2, 118/3

Moreover, in both of the thick beds the abundance of *P. edgarii* is low at the beginning (samples 116/1 and 118/1, respectively), gradually increases, and reaches the highest values in the uppermost samples 116/5 and 118/5 (Fig. 7).

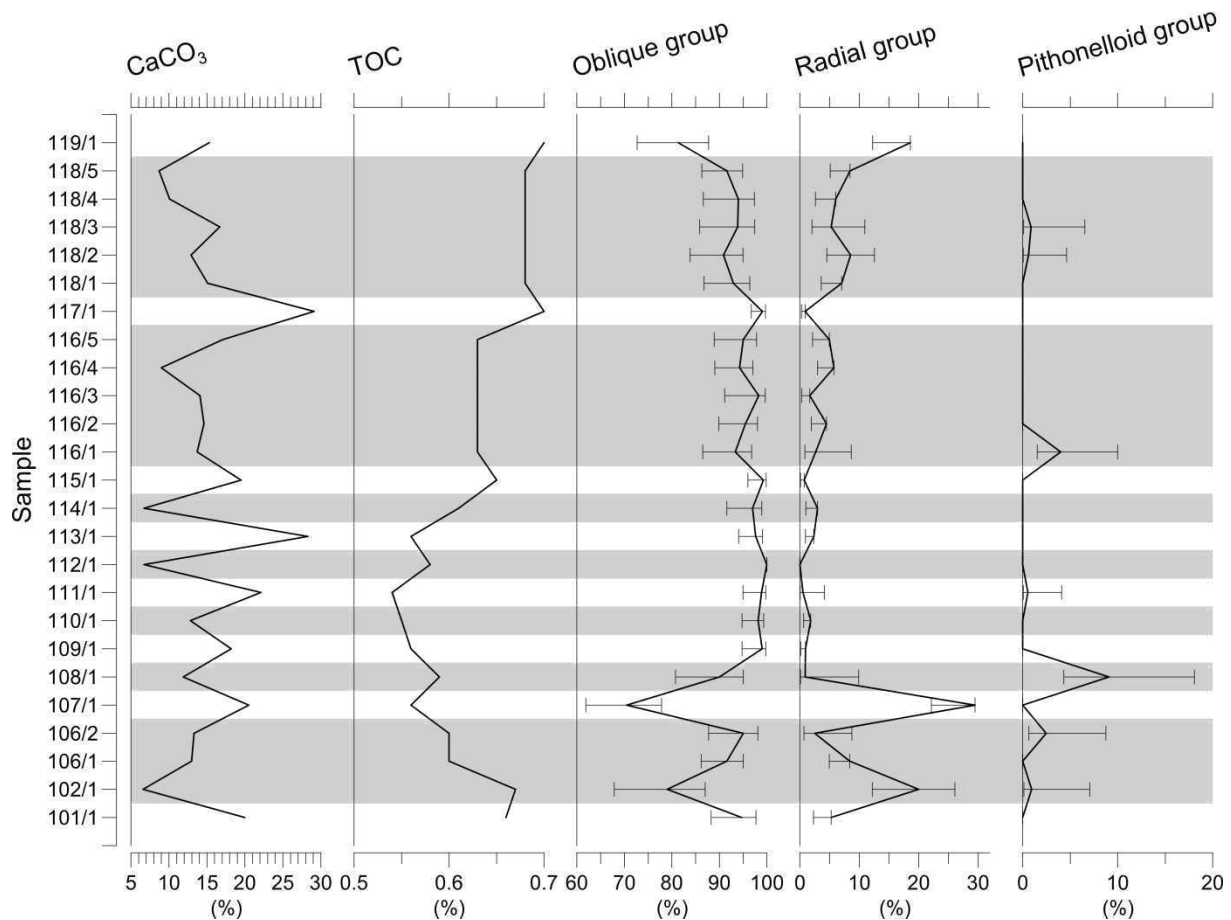


Fig. 4: Proportions of cysts of the radial group, oblique group, and pithonelloid group throughout the section in the clay-pit Frielingen. Values for CaCO_3 and total organic carbon (TOC) according to MUTTERLOSE & RUFFELL (1997). Grey shades indicate dark beds.

Pirumella quiltyi is the most abundant taxon in the succession, with average proportions of over 30 per cent and a minor preference for pale beds. Above sample 118/1, the abundance of *P. quiltyi* decreases rapidly, and never again exceeds 4 per cent. *Pirumella echinosa* is restricted to sample 106/1. *Bicarinellum calvum* only appears in samples 113/1, 117/1 and 118/1, always in low abundances. One cyst of *Bicarinellum cristatum* was found in sample 113/1, and one cyst of *Alasphaera tuberculata* in sample 110/1. *Heptasphaera michaelii* is occurring consistently with low abundances throughout the succession. A peak abundance marks sample 111/1, and throughout the section samples that contain some specimens of *H. michaelii* alternate with samples which appear to lack that morphotype. Since *H. michaelii* always appears in relative low abundances, it is likely that it has been overlooked in some samples. *Pirumella strobila* and *Pirumella spinosa* do not follow a particular distribution pattern. *Pirumella strobila* shows a peak abundance in sample 109/1, otherwise *P. strobila* and *P. spinosa* show a random distribution over the whole succession. Periods in which they are relatively abundant alternate with periods in which they are absent. *Pirumella* cf.

sphenifera is more or less abundant between samples 102/1 and 106/2, and between samples 114/1 and 118/2, respectively.

Pirumella aff. *carteri* is rare throughout the succession, and is only common in samples 118/4 and 118/5, where it comprises about 50 per cent and 40 per cent of the assemblage. *Pirumella* aff. *mcnightii* is evenly distributed over the succession.

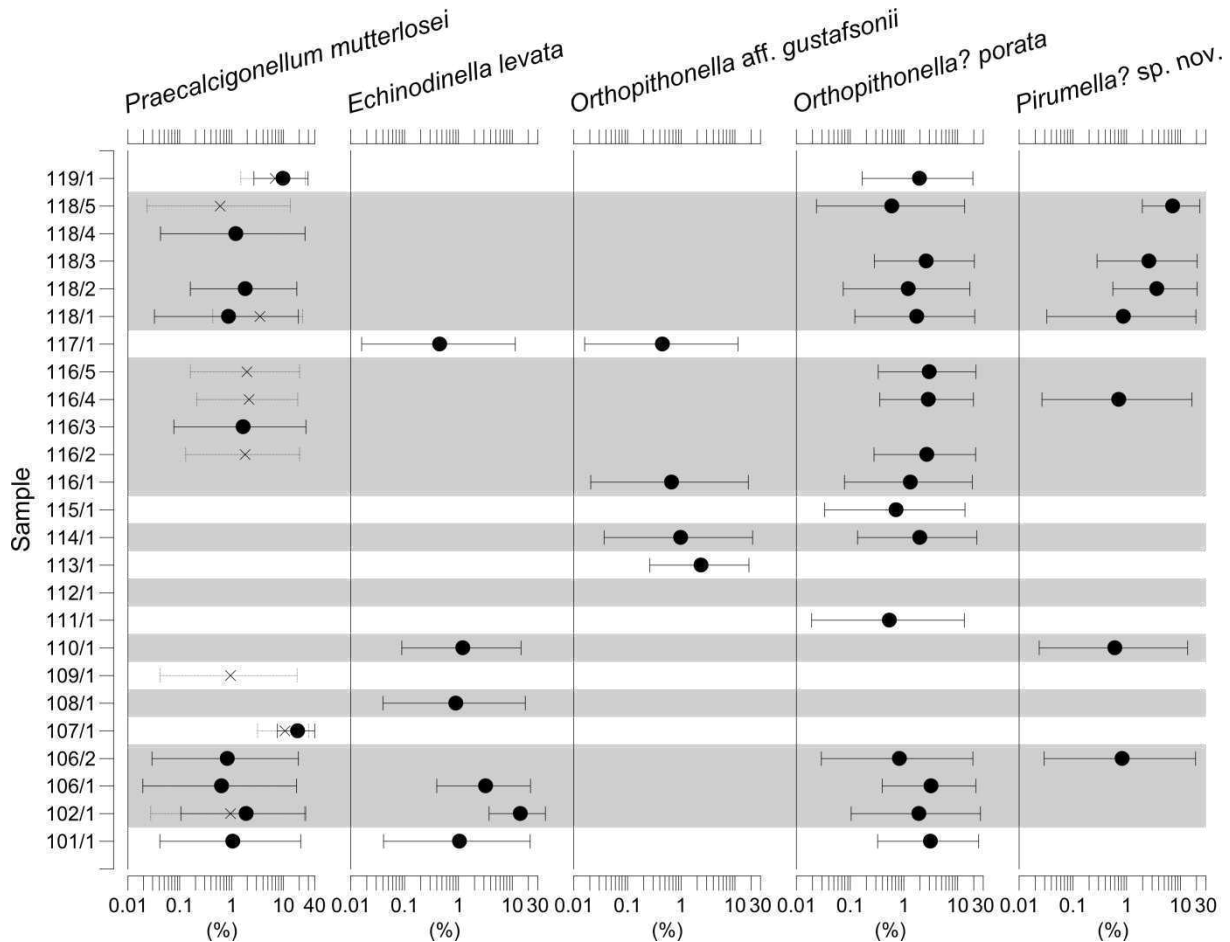


Fig. 5: Relative abundance of most abundant morphotypes of the radial group. Abundances of *Praecalcionellum mutterlosei* (circles, solid error bars) and *P. cf. mutterlosei* (crosses, dotted error bars) were plotted into the same graph. Their good agreement furthers the belief that *P. cf. mutterlosei* indeed represents specimens of *P. mutterlosei* that simply cannot be certainly identified. Grey shades indicate dark beds.

The pithonelloid cysts generally show low abundances in the samples investigated and are often relatively poorly preserved. *Pithonella sphaerica* is most common, it was observed in samples 106/2, 108/1, 116/1, and 118/4, with peak abundances in sample 108/1 (8 per cent). *Pithonella ovalis* sporadically occurs throughout the section without any obvious pattern but never exceeds abundances of 1 per cent.

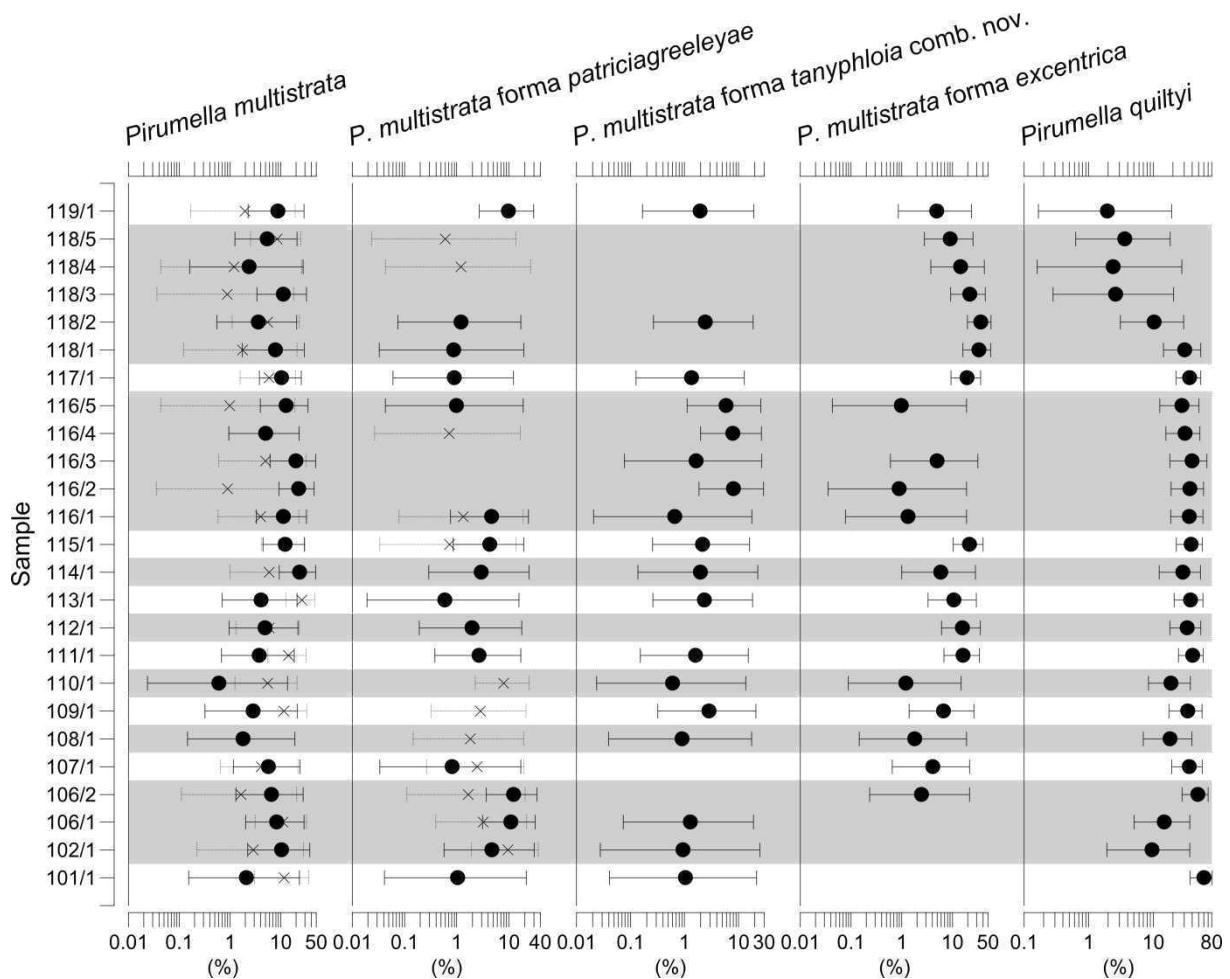


Fig. 6: Relative abundance of some oblique-walled morphotypes in the sediments of Frielingen. *Pirumella multistrata* (circles, solid error bars) and *P. cf. multistrata* (crosses, dotted error bars) were plotted together in one graph, as well as types A (circles, solid) and B (crosses, dotted) of *P. multistrata forma patriciagreeleyae*. Note the high abundance of *P. multistrata forma excentrica* in bed 118. Grey shades indicate dark beds.

4 Discussion

If calcareous dinoflagellate cysts should be useful for the reconstruction of past environments, it is crucial to understand whether or not they are reacting at all to the supposed environmental change that took place in the Lower Saxony Basin during the Upper Hauterivian. For that, following approaches by NEUMANN (1999), the diversity distribution of the cysts found in Frielingen was investigated. The diversity (Shannon–Wiener Index) and equitability (Pielou's Equitability) show a first prominent peak in sample 102/1 (Fig. 8). Both values are subject to fluctuations for the rest of the succession but generally increase towards the top of the section. This gives evidence for an increasing diversity towards younger sediments and an increasing evenness of morphotype composition. However, in both indices the increase towards the top of the investigated section is not significant according to Spearman's rank order correlation ($p_H = .262$, $p_J = .302$).

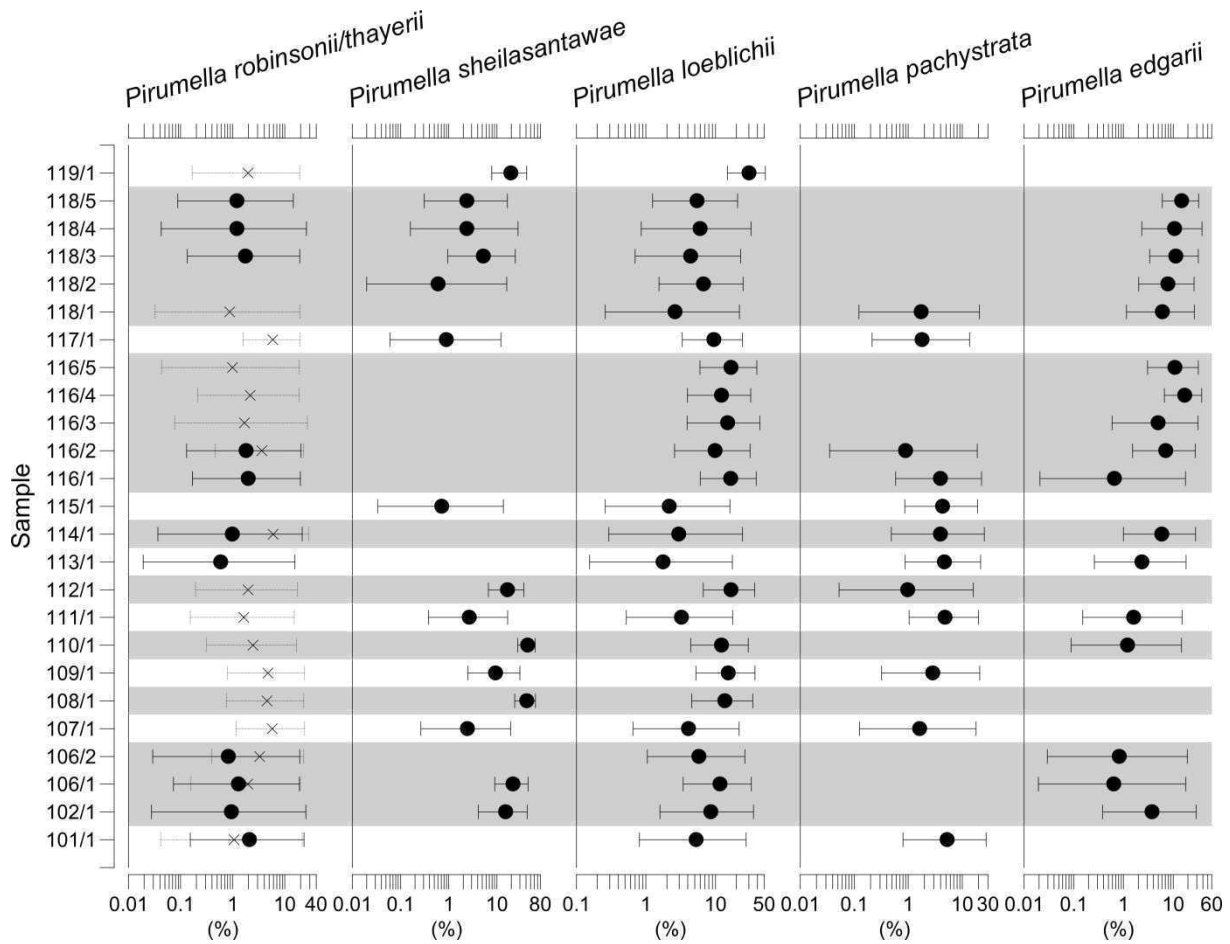


Fig. 7: Relative abundance of coarse crystalline morphotypes of the oblique group in the sediments of Frielingen. *Pirumella robinsonii* (circles, solid error bars) and *Pirumella thayerii* (crosses, dotted error bars) were plotted together into the same graph. Grey shades indicate dark beds.

To investigate the impact of bed colour on the assemblage of calcareous dinoflagellate cysts, the assemblage differences between pale and dark beds were calculated. ANOSIM provides relatively small values for R , depending on the method of distance measurement. The Bray–Curtis Distance (BRAY & CURTIS, 1957), commonly applied in ANOSIM, supplied a small value $R = 0.112$ ($p = .114$). Other distance measurements result in higher values for R (the Manhattan Distance (SWAN & SANDILANDS, 1995) suggests a considerable difference between pale and dark beds with a high significance of $R = 0.2841$, $p = .006$). The difference in the assemblages of pale and dark beds seems to be small. A cluster analysis (Fig. 9) reveals that the sediment colour somehow influences the expected cyst assemblage, especially beds 116 and 118 form distinct clusters. However, the confidence intervals of the nodes are relatively low.

Those results imply that there may be no reaction in the assemblage of those protists to the proposed environmental change between pale and dark beds, and most certainly there is no long-term trend throughout the profile regardless of short-term pale–dark rhythms. Keeping that in mind, a basic interpretation of the assemblage of the calcareous dinoflagellate cyst assemblage in the clay-pit Frielingen remains questionable, but should be tried here.

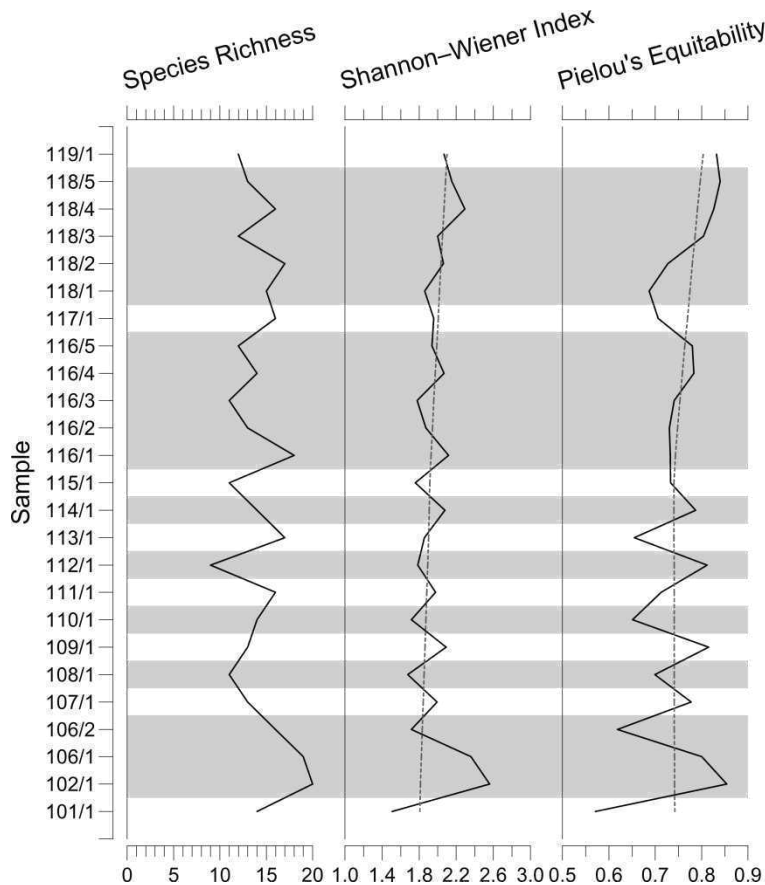


Fig. 8: Species richness, Shannon–Wiener Index, and Pielou's Equitability for calcareous dinoflagellate cysts assemblages in sediments from the clay-pit Frielingen. Although a general increase in both values might be assumed, these trends are insignificant at $q = .05$. Grey shades indicate dark beds.

4.1 Assemblage of calcareous dinoflagellate cysts in Frielingen

When interpreting assemblages of calcareous dinoflagellate cysts, preservation has to be kept in mind. Although most cysts are relatively well preserved, there is evidence for some alteration throughout the succession. Particularly, the remarkable increase in the abundance of *Pirumella* aff. *carteri* in samples 118/4 and 118/5 must be noted. This morphotype represents damaged fine-crystalline cysts of the oblique group, in which the outer wall layer was removed, and in which only the inner wall layer was preserved. What processes caused this increase in abundance must remain speculative: enhanced ground water circulation through the layers those samples were taken from is a possible explanation, but mechanical abrasion during sample preparation is more likely.

The specimens of the genus *Pithonella* are the oldest undoubted occurrences of their kind—not considering the very disputable 'Pithonelloideae' found by JANOFKSKE (1987) in Triassic rocks. According to DIAS-BRITO (2000), *Pithonella sphaerica* is hardly known from sediments older than the Late Albian. *Pithonella ovalis* originated most likely in the Albian, possibly in the Barrêmian (BORZA, 1964). The occurrence of the two morphotypes found in the Frielingen section principally allows extending the first occurrence of this taxon into the Late Hauterivian. It should be marked here, however, that the cysts are highly abraded and badly preserved, making reworking likely. Since the samples do not come from a core section, a down-core contamination can be ruled out, and if the cysts are reworked it may be reasonable to assume that they are even older than the Upper Hauterivian. Nevertheless it is possible, that a contamination of samples occurred in the field or during sample preparation, so that the in-situ nature of the pithonelloid cysts cannot be considered unquestionable.

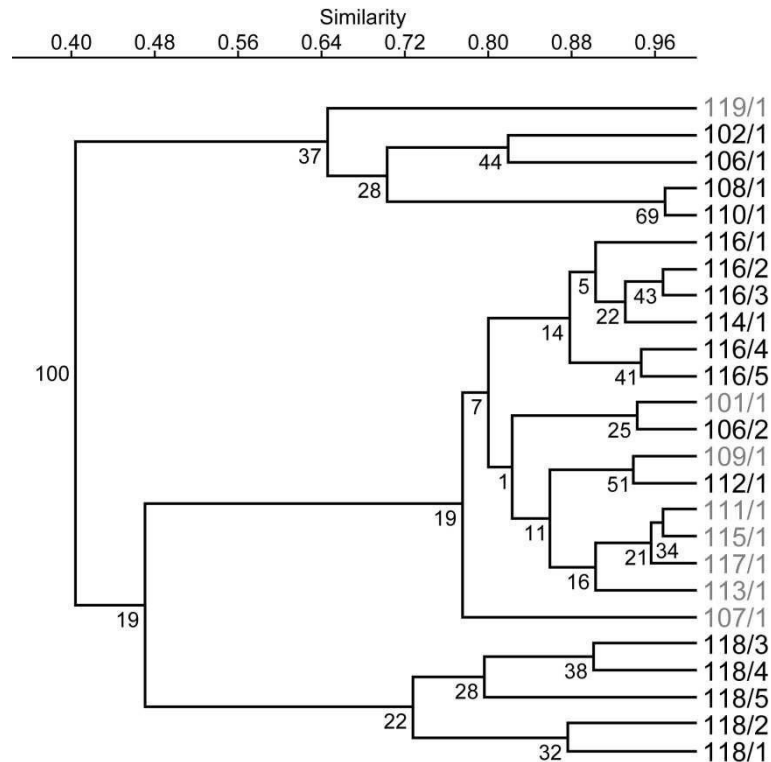


Fig. 9: Cluster analysis of the assemblage of calcareous dinoflagellate cysts in the samples from Frielingen (on the basis of abundance data), using the Morisita Similarity Index (MORISITA, 1959) and a Paired Group algorithm. Confidences for each node were calculated via bootstrapping (10000 replications). Samples of bed 118 and bed 116 (the latter together with sample 114/1) form distinct clusters. Most samples of pale beds (grey letters) and dark beds (black letters) also lie in close vicinity to each other. Values for *Pirumella* aff. *carteri* and *Pirumella* aff. *mcnightii* were removed prior to analysis, because they represent damaged cysts.

4.1.1 Current knowledge about ecological preferences of calcareous dinoflagellate cysts and the environment represented by pale–dark bedded Cretaceous sediments

Cysts of the radial group are commonly interpreted to favour pelagic settings (KEUPP, 1992, 2001; KOHRING, 1993; WENDLER et al., 2002a). On the other hand, NEUMANN (1999), for instance, suggested that some morphotypes of the radial group (i.e. *Echinodinella* spp. and *Orthopithonella? porata*) are indicative of eutrophic conditions of surface waters of a neritic environment. *Echinodinella levata* is supposed to be a warm-water-indicating ecophenotype of *Praecalcionellum mutterlosei* (KEUPP, 1992), which itself is indicative of the influence of cool water masses (KEUPP, 1991).

The oblique group has shown to be less able to control the ultrastructure of their cyst walls (MONNET, 1993), so that coarse crystalline forms are interpreted to indicate cooler water masses, while fine crystalline forms favour warmer water (KEUPP, 1991, 2001). Additionally, KOHRING (1993) proposed that the reduction of the inner wall in *Pirumella* cf. *multistrata* may display an adaptation towards slightly colder water, though not as cold as is indicated by coarse crystalline cysts. Conversely, *P. multistrata* forma *excentrica* is often described as prospering during intervals strongly influenced by warm water masses (e.g. KEUPP, 1981, 1993). The occurrence of *P. loeblichii* and *P. multistrata* was suggested to be an indicator of transgressive trends (NEUMANN, 1999).

The pithonelloid group is a typical invader from the Tethys, so that their occurrence is indicative of high sea levels which enabled water exchange via the Carpathian Seaway (compare Fig. 2). Pithonelloid cysts are furthermore believed to characterize shelf environments (DIAS-BRITO, 2000; WENDLER et al., 2002a) or transgressive phases (ZÜGEL, 1994).

Pale-dark bedding rhythms in Cretaceous sediments from northern Germany are often interpreted as the result of changes in temperature and precipitation. As such, dark beds are believed to have been formed during times with decreased surface water temperatures (MUTTERLOSE & RUFFELL, 1999). NEBE (1999) proved that the pale-dark-bedding in the sediments of Frielingen is most likely caused by Milanković cycles. For the clay-pit Frielingen, NEBE (1999) calculated an average sedimentation rate of 1.89 cm/kyr for the lower part of the section (up to bed 115). According to these studies, the two thick dark beds were produced during time intervals of strongly increased sedimentation rates, representing time spans comparable to the other beds. These beds were, however, not included into the calculations due to the risk that they might corrupt them, effectively failing to proof the working hypothesis.

4.1.2 Interpreting the palaeo-environment on the basis of calcareous dinoflagellate cysts in Frielingen

The proportion of cysts of the coarse crystalline oblique group (Table 2) is uncorrelated with TOC content ($p = .692$) but shows a correlation with the sediments CaCO_3 content ($r = -0.438$, $p = .029$, Pearsons product-moment correlation) (Fig. 10). Given that higher carbonate contents are associated with pale beds in Frielingen (MUTTERLOSE, 1998; MUTTERLOSE & RUFFELL, 1997), this negative correlation can be interpreted in a way, that dark beds are indeed generally indicative of cooler palaeoenvironments.

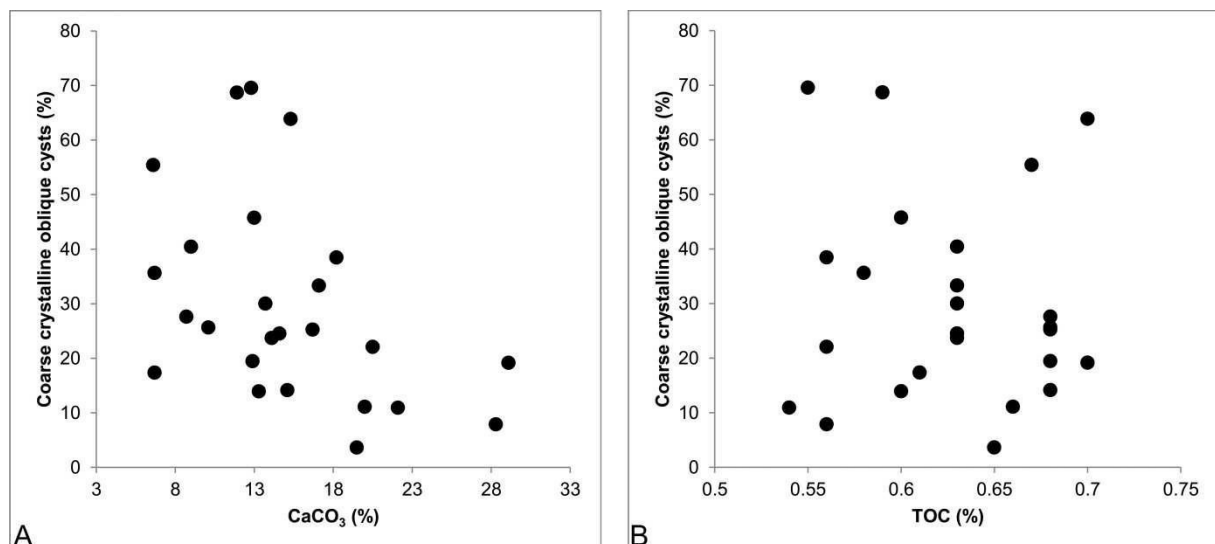


Fig. 10: Correlation between the relative abundance of coarse crystalline morphotypes of calcareous dinoflagellate cysts of the oblique group in sediments from the clay-pit Frielingen and the CaCO_3 (A) and TOC (B) content of the sediment.

Table 2: Categorisation of obliquely crystalline calcareous dinoflagellate cysts from the clay-pit Frielingen into coarse and fine crystalline morphotypes for analysis purposes. *Pirumella* aff. *carteri* and *Pirumella* aff. *mcnighii* were omitted due to their nature as damaged cysts of undeterminable affinity.

COARSE CRYSTALLINE	FINE CRYSTALLINE
<i>Pirumella thayerii</i>	<i>Pirumella multistrata</i>
<i>Pirumella robinsonii</i>	<i>Pirumella</i> cf. <i>multistrata</i>
<i>P. multistrata</i> forma <i>patriciagreeleyae</i> type B	<i>P. multistrata</i> forma <i>patriciagreeleyae</i> type A
<i>Pirumella echinosa</i>	<i>P. multistrata</i> forma <i>excentrica</i>
<i>Pirumella loeblichii</i>	<i>P. multistrata</i> forma <i>tanyphloia</i> comb. nov.
<i>Pirumella sheilasantawae</i>	<i>Pirumella quiltyi</i>
<i>Pirumella strobila</i>	<i>Pirumella pachystrata</i>
<i>Pirumella spinosa</i>	<i>Heptasphaera michaelii</i>
<i>Pirumella edgarii</i>	<i>Alasphaera tuberculata</i>
<i>Pirumella</i> cf. <i>sphenifera</i>	<i>Bicarinellum cristatum</i>
<i>Bicarinellum calvum</i>	

In more detail, the high abundances of *Echinodinella levata*, *Orthopithonella?* *porata*, and *Orthopithonella?* cf. *compsa* in the lower parts of the section may be interpreted as a signal for a restrictive neritic environment. This is also supported by higher proportions of *Pithonella sphaerica* and the first occurrence of *Pithonella ovalis*.

The high abundances of *E. levata* are followed by a prominent peak of *Praecalcionellum mutterlosei* and *P. cf. mutterlosei* in sample 107/1. Further up, *Pirumella multistrata* forma *patriciagreeleyae* type B, *Pirumella thayerii*, *Pirumella sheilasantawae*, and *Pirumella strobila* appear in high abundances and a first peak of *Pirumella loeblichii* is visible as well. The lower part of the section above sample 106/1 is therefore considered to represent cooler water conditions. The distribution of *P. sheilasantawae* (more abundant in dark layers) supports the hypothesis, that dark beds generally represent time intervals with colder surface waters. The increase in *P. loeblichii* could also mark a further transgression.

In the ensuing samples above 109/1, *P. cf. multistrata* and *Pirumella pachystrata* become more abundant, and are then replaced by *P. multistrata* and *P. multistrata* forma *tanyphloia* comb. nov. This trend may signify a continuous warming of the surface waters. The presence of *P. multistrata* could also be interpreted as a signal for a continued transgression towards an open neritic environment. The increase in the abundance of *P. multistrata* forma *excentrica* in sample 111/1 may be considered as a signal for a further increase in water temperature.

Pirumella multistrata forma *excentrica* then nearly ceases from the sediment record in bed 116, well correlated with a strong increase in the proportions of *P. loeblichii*, *Pirumella robinsonii*, and *P. thayerii*. This interval is very likely characterized by cooler surface waters (though not cold enough to re-establish a *P. mutterlosei* community). The dominance of *P. loeblichii* could also mark a transition back to lower sea levels (re-establishing a more restricted neritic environment) and/or nutrient depletion (NEUMANN, 1999). The latter can be ruled out, though, at least for sample 116/1, due to the content of pithonelloid cysts and high TOC values.

The upper part of the sediment column is characterized once again by an increase in the abundance of *O.?* *porata*, whereas *P. multistrata* grows less abundant beyond sample 116/5 and *Pirumella quiltyi* (that was present throughout the succession) nearly ceases beyond sample 118/2. Instead *P. loeblichii* and *P. mutterlosei*/*P. cf. mutterlosei* grow abundant in sample 119/1. This can be interpreted as a renewed transgressive phase in combination with cooling of the surface waters.

The reduced amounts of *P. quiltyi* in the topmost samples cannot be interpreted easily, however. Throughout the succession *P. quiltyi* is more common in warm intervals, since a decline of abundance occurs mainly in the dark beds. The morphotype is not influenced by the presumably increased sedimentation rate in bed 116. A combination of a more restricted environment and warmer surface waters with a high sediment input might have been less suitable for *P. quiltyi*.

The limitation of *P. sphaerica* to the dark beds supports the idea, that this morphotype favoured eutrophic conditions, since the higher TOC levels in dark beds have been interpreted in this way (MUTTERLOSE & RUFFELL, 1997). *Pithonella ovalis*, however, also seems to prefer dark beds, which are thought to mark intervals of colder surface waters. This finding does not contradict the interpretation of *P. sphaerica* as a Tethyan morphotype, since it may be more eurytherm than other 'Pithonelloideae' (WENDLER et al., 2002a). However, even the presence of the presumably more stenotherm morphotype *P. ovalis* in dark beds does not exclude that the dark beds represent sediments of colder surface waters. The continuous presence of the Tethyan morphotype *Heptasphaera michaelii* shows that the surface waters were presumably considerably warm during the whole time interval investigated here.

The nature of the two thick dark beds (i.e. beds 116 and 118) remains questionable. The calcareous dinoflagellate cysts assemblages suggest the following: The drop in the abundance of *P. multistrata* forma *excentrica* and the rise in the abundance of *P. loeblichii* indicate surface water cooling for bed 116. Bed 118, in contrast, is dominated by *P. multistrata* forma *excentrica* and contains only small amounts of *P. loeblichii*. Both beds show increasing proportions of *Pirumella edgarii* through time, always reaching peak abundances in the uppermost sample of each bed. The cluster analysis revealed high intra-bed similarities, but low inter-bed similarities for the thick dark beds 116 and 118. It must be assumed that bed 116 represents an interval of cold surface waters whereas bed 118 was deposited under warmer surface waters (despite the slightly increasing abundances of *P. cf. mutterlosei* in sample 118/1). The higher abundance of *P. loeblichii* and *P. multistrata* in bed 116 may reflect a slightly more open neritic environment. The dominance of *P. multistrata* forma *excentrica*, together with high abundances of *O.?* *porata*, in bed 118 support the interpretation as a restricted neritic environment (NEUMANN, 1999), though.

The hypothesis, that the dark bed 118 represents an interval of warmer surface waters contradicts the explanation of MUTTERLOSE & RUFFELL (1999), who suggested that dark beds generally represent colder time intervals. They, however, also suggest that dark beds are indicative of lower sea levels in that area, what is in accordance with the higher abundances of *P. multistrata* forma *excentrica* in bed 118. The dominance of *P. loeblichii* in bed 116 does support the interpretation of dark beds as low-temperature deposits. If the assumption of NEBE (1999) is correct that these beds reflect the same time span as the other beds, the sedimentation rates for beds 116 and 118 must have been very high. It is therefore suggested here that *P. edgarii* might be a morphotype that prefers environments with a very high

sediment input. That interpretation is in accordance with the models of MUTTERLOSE & RUFFELL (1999), which suggest higher sediment runoff from the continents during time intervals represented by dark beds. Whether the relative increase in the abundance of *P. edgarii* towards the top of beds 116 and 118 is due to an increasing sedimentation rate or a progressive establishment of the *P. edgarii* community under favourable conditions must remain speculative. The dominance of *Pirumella?* sp. nov. in bed 118 (that follows a similar distribution as *P. edgarii*) may indicate a preference of that morphotype towards warm surface waters with a high sediment input in restricted neritic environments.

The generally observable transgressive trend suggested for the Simbirskites discofalcatus ammonite Zone (compare HAQ et al., 1987; LUTAT, 1996; MUTTERLOSE, 1991) can in general be supported by the data obtained here. The known development can, however, be slightly modified by a short but pronounced regression in bed 118 on the basis of the obtained data.

4.2 Morphology of calcareous dinoflagellate cysts in Frielingen

BELOW (1987) argued that a high intraspecific variance in cyst size could be due to the fact that they belong to different stages of the life cycle. KEUPP (1995), however, suggested that the cysts of a continuous sediment column exhibit a normal distribution, indicating the presence of specimens of the whole life cycle in the preserved community. Therefore, it was suggested that all calcareous dinoflagellate cysts comprise hypnocygotes and that cyst size may be linked to Milanković cycles (KEUPP, 2001). Small cysts may thereby indicate nutrient-rich environments, in which dinoflagellates reproduce often (NEUMANN, 1999). If the surface waters are oligotrophic, growth periods are prolonged due to reduced reproduction rates, effectively leading to the development of larger calcareous dinoflagellate cysts. Both hypotheses were examined based on the samples from Frielingen.

Three relatively abundant morphotypes were chosen to apply these tests: *Pirumella multistrata*, *Pirumella quiltyi*, and *Pirumella loeblichii*. *Pirumella quiltyi* and *P. loeblichii* show a vague negative correlation between cyst size and TOC. The size of the cysts of *P. multistrata* is positively correlated with carbonate content of the sediment (Fig. 11). It is possible to document that the cyst size at least partly correlates with TOC levels, where high TOC values go hand in hand with smaller cysts at least in some morphotypes (compare Fig. 11A). These trends, however, are unpronounced and statistically insignificant. Considering these findings and the interpretation of MUTTERLOSE & RUFFELL (1997) and (1999), according to which the pale beds represent phases of warm, oligotrophic surface waters, one would expect larger cysts in the pale beds. In Frielingen, however, the cyst size of most taxa is rather uninfluenced by the CaCO₃ content of the beds. Only *Pirumella multistrata* shows a weak and insignificant positive correlation of cyst size and CaCO₃. We therefore follow NEUMANN (1999), who postulated that the cyst size seems to have been influenced by more than one environmental factor.

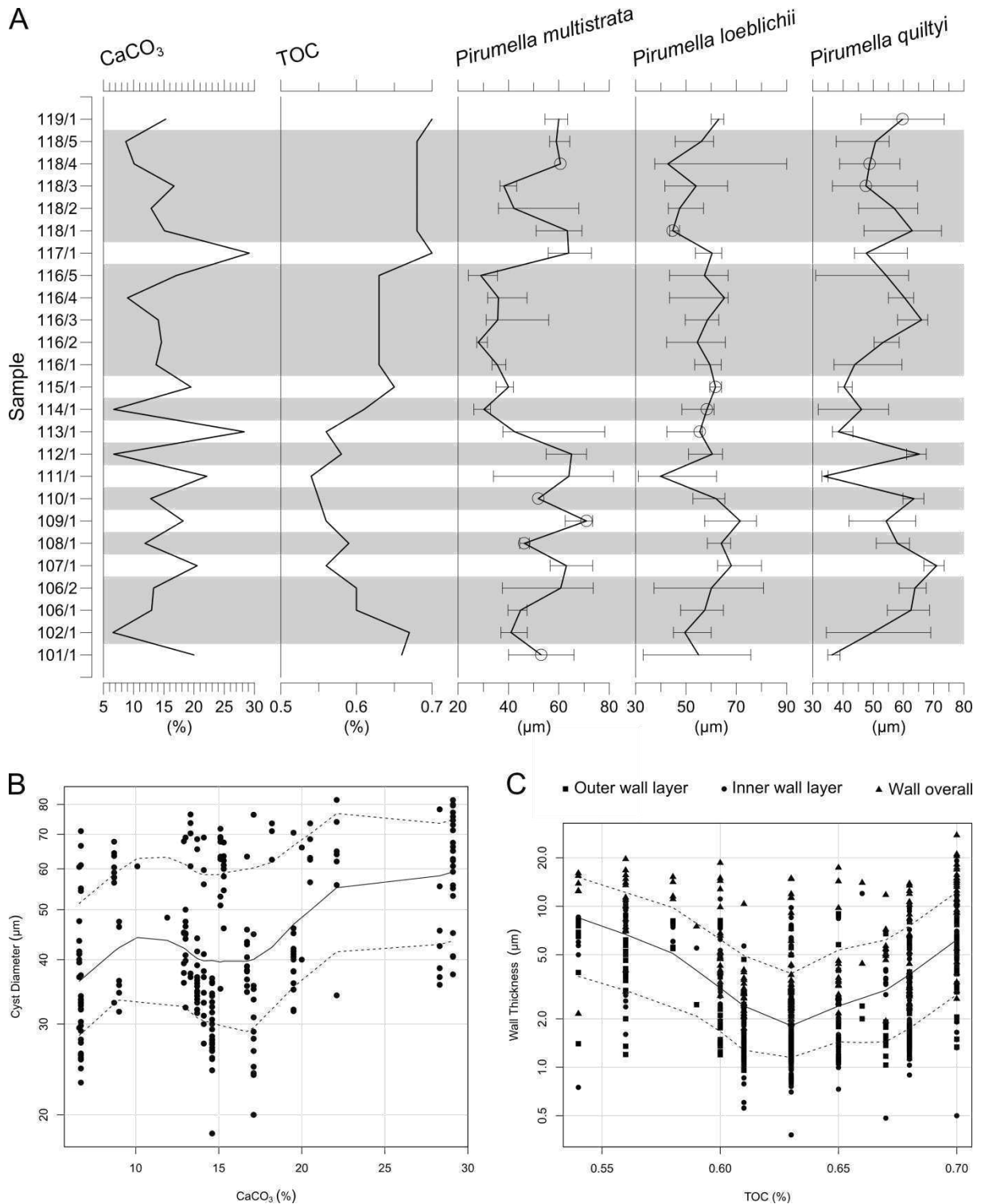


Fig. 11: A, Median cyst sizes of three selected morphotypes of calcareous dinoflagellate cysts in the clay-pit Frielingen. In some morphotypes the cyst size seems to be correlated to the TOC of the sediment. An unpronounced negative correlation is visible in scatter plots for *Pirumella quiltyi* and *Pirumella loeblichii*. Grey shades indicate dark beds. Circles indicate samples with insufficient specimens to calculate reliable confidence intervals. A, B, *Pirumella multistrata* shows a general TOC trend to grow larger in samples with higher CaCO_3 contents. C, *Pirumella multistrata* shows a correlation of wall thickness and sediment TOC. LOESS regression line (solid) with root-mean-square residuals (dashed) in Subfigs. B and C.

It has been suggested that the thickness of the cyst wall correlates with the CaCO₃ content of the samples (NEUMANN, 1999), a hypothesis not supported by the data from Frielingen. While the thickness of the inner wall layer in cysts of the oblique group seems not to be influenced by CaCO₃ or TOC, a relatively good negative correlation between the TOC and the thickness of the outer wall layer is visible in the lower parts of the section. This correlation, however, becomes less pronounced above sample 115/1 and ceases entirely above sample 116/5. *Pirumella multistrata* shows a certain correlation of cyst wall thickness and TOC, building thinnest walls at TOC values of c.0.63 per cent (Fig. 11C). This correlation is, however, not related to higher reproduction rates. Due to the process of wall formation the cyst size can hardly influence the wall thickness significantly. It might be, though, that the smaller cells encysting in eutrophic water cannot deposit as much carbonate and therefore must produce thinner walls. Once again the correlation of the cyst walls of *P. multistrata* with both parameters is the most pronounced (especially towards TOC). This morphotype, possibly due to its wide morphological range, seems to be most useful for palaeoecological analyses.

5 Conclusions

The investigation of the sediments from the clay-pit Frielingen offered new insights into the upper Hauterivian palaeoenvironment of the Lower Saxony Basin. The assemblages indicate a transgressive phase, an observation in accordance with the results of other authors. This transgressive phase is punctuated by a short regressive interval in bed 118. Sea surface temperatures are high throughout the entire interval investigated. The clear signal that the dark bed 118 comprises deposits of warmer surface waters contradicts the hypothesis, that dark beds generally comprise colder environmental conditions than their adjacent pale beds. Bed 116, however, shows that dark beds can indeed represent sediments of cooler time intervals, as does the distribution of coarse-crystalline taxa, such as *Pirumella sheilasantawae*. Therefore, the hypothesis that dark beds often indicate time intervals with cooler surface waters can be confirmed, but other environmental factors seem to be important as well. The simplified interpretation of dark beds as cold water sediments should be approached with caution in the future.

Pirumella edgarii seems to favour time intervals with higher terrigenous sediment input, whereas it seems to be uninfluenced by the water temperature. The favoured environment of *Pirumella?* sp. nov. might be similar in terms of sedimentation rate, though it is likely to prefer warmer surface waters. Those two morphotypes may therefore be useful as (partly temperature-independent) proxies for sediment input in the future.

Acknowledgements

We are thankful for the helpful comments of Tania Hildebrand-Habel and one anonymous reviewer on the manuscript version of this text. Furthermore, we would like to thank Jan Evers for assistance in SEM work and Margret Boysen, who started the investigation of the samples and did a lot of preparatory work years ago. Last but not least we want to thank Rolf Kohring, who willingly provided help in the designation of particular specimens and patiently supported the principal author during the work on the Frielingen samples.

References

- ANDRI, E. & AUBRY, M.-P. (1973): Recherches sur la microstructure des tests de *Pithonella ovalis* (Kaufmann) et *Pithonella perlonga* Andri.–*Revue de Micropaléontologie*, 16 (3): 159–167
- BANNER, F.T. (1972): *Pithonella ovalis* from the early Cenomanian of England.–*Micropaleontology*, 18: 278–284
- BELOW, R. (1987): Evolution und Systematik von Dinoflagellaten-Zysten aus der Ordnung Peridinales: I. Allgemeine Grundlagen und Subfamilie Rhaetogonyaulacoideae.–*Palaeontographica*, Abteilung B, 205: 1–164
- BERNEY, C. & PAWLOWSKI, J. (2006): A molecular time-scale for eukaryote evolution recalibrated with the continuous microfossil record.–*Proceedings of the Royal Society B*, 273: 1867–1872
- BOLLI, H.M. (1974): Jurassic and Cretaceous Calcisphaerulidae from DSDP Leg 27, eastern Indian Ocean.–*Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 27: 843–907
- BOLLI, H.M. (1980): Calcisphaerulidae and Calpionellidae from the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of Deep Sea Drilling Project Hole 416A, Moroccan Basin.–*Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 50: 525–543
- BORZA, K. (1964): Die Gattung *Stomiosphaera* Wanner, 1940 in den Westkarpathen.–*Geologický Sborník Slovenská Akadémia*, 15: 189–195
- BRAY, J.R. & CURTIS, J.T. (1957): An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin.–*Ecological Monographs*, 27 (4): 325–349
- BÜTSCHLI, O. (1885): Dinoflagellata, in: Bronn, H.G. (Ed.) *Protozoa*, Vol. 1: pp. 865–1088
- CLARKE, K.R. (1993): Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure.–*Australian Journal of Ecology*, 18: 117–143
- CONOVER, W.J. (1980): *Practical Nonparametric Statistics*. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics, John Wiley and Sons; New York
- DALE, B. (1983): Dinoflagellate resting cysts: ‘Benthic plankton’, in: Fryxell, G.A. (Ed.) *Survival Strategies of the Algae*: pp. 69–136
- DIAS-BRITO, D. (2000): Global stratigraphy, palaeobiogeography and palaeoecology of Albian–Maastrichtian pithonellid calcispheres: Impact on Tethys configuration.–*Cretaceous Research*, 21: 315–349
- DODGE, J.D. & LEE, J.J. (2000): Phylum Dinoflagellata Bütschli, 1885, in: Lee, J.J.; Leedale, G.F. & Bradbury, P. (Eds) *An Illustrated Guide to the Protozoa: Organisms Traditionally Referred to as Protozoa, or Newly Discovered Groups*, Vol. 1: pp. 656–689
- ESPER, O.; ZONNEVELD, K.A.F.; HÖLL, C.; KARWATH, B.; KUHLMANN, H.; SCHNEIDER, R.R.; VINK, A.; WEISE-IHLO, I. & WILLEMS, H. (2000):

- Reconstruction of palaeoceanographic conditions in the South Atlantic Ocean at the last two Terminations based on calcareous dinoflagellate cysts.–*International Journal of Earth Sciences*, 88: 680–693
- FENSOME, R.A.; MACRAE, R.A.; MOLDOWAN, J.M.; TAYLOR, F.J.R. & WILLIAMS, G.L. (1996): The early Mesozoic radiation of dinoflagellates.–*Paleobiology*, 22 (3): 329–338
- FENSOME, R.A.; TAYLOR, F.J.R.; NORRIS, G.; SARJEANT, W.A.S.; WHARTON, D.I. & WILLIAMS, G.L. (1993): A Classification of Living and Fossil Dinoflagellates. *Micropaleontology Special Publications*, American Museum of Natural History; Hanover
- GOTTSCHLING, M.; RENNER, S.S.; MEIER, K.J.S.; WILLEMS, H. & KEUPP, H. (2008): Timing deep divergence events in calcareous dinoflagellates.–*Journal of Phycology*, 44: 429–438
- HAECKEL, E. (1894): *Systematische Phylogenie der Protisten und Pflanzen*. Systematische Phylogenie: Entwurf eines natürlichen Systems der Organismen auf Grund ihrer Stammesgeschichte, Reimer; Berlin
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis.–*Palaeontologia Electronica*, 4 (1): 1–9
- HAQ, B.U.; HARDENBOL, J. & VAIL, P.R. (1987): Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic.–*Science*, 235: 1156–1167
- HESLOP, D.; DE SCHEPPER, S. & PROSKE, U. (2011): Diagnosing the uncertainty of taxa relative abundances derived from count data.–*Marine Micropaleontology*, 79: 114–120
- HOU, C.-D.; CHIANG, J. & TAI, J.J. (2003): A family of simultaneous confidence intervals for multinomial proportions.–*Computational Statistics & Data Analysis*, 43 (1): 29–45
- JANOFKSKE, D. (1987): Kalkige Nannofossilien aus der Ober-Trias (Rhät) der Nördlichen Kalkalpen.–*Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe A*, 86: 45–67
- JANOFKSKE, D. (1992): Kalkiges Nannoplankton, insbesondere kalkige Dinoflagellaten-Zysten der alpinen Ober-Trias: Taxonomie, Biostratigraphie und Bedeutung für die Phylogenie der Peridinales.–*Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe E*, 4: 1–53
- JANOFKSKE, D. & KEUPP, H. (1992): Mesozoic and Cenozoic ‘calcspheres’ – update in systematics.–*International Nannoplankton Association Newsletter*, 14: 14–16
- KAUFMANN, F.J. (1865): Polythalamien des Seewerkalkes, in: Heer, O. (Ed.) *Urwelt der Schweiz*: pp. 194–199

- KEUPP, H. (1979): Lower Cretaceous Calcisphaerulidae and their relationship to calcareous dinoflagellate cysts.–Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine, 3: 651–663
- KEUPP, H. (1981): Die kalkigen Dinoflagellaten-Zysten der borealen Unter-Kreide (Unter-Hauterivium bis Unter-Albium).–Facies, 5: 1–190
- KEUPP, H. (1982): Die kalkigen Dinoflagellaten-Zysten des späten Apt und frühen Alb in Nordwestdeutschland.–Geologisches Jahrbuch, Reihe A, 65: 307–363
- KEUPP, H. (1987): Dinoflagellate cysts from the Middle Albian to Early Cenomanian of Escalles/Boulonnais (northern France).–Facies, 16: 37–88
- KEUPP, H. (1991): Fossil calcareous dinoflagellate cysts, in: Riding, R. (Ed.) Calcareous Algae and Stromatolites: pp. 267–286
- KEUPP, H. (1992): Die Flora kalkiger Dinoflagellaten-Zysten im mittleren Apt (Gargas) der Kernbohrung Himstedt 3 bei Hoheneggelsen/Niedersachsen.–Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe E, 3: 121–169
- KEUPP, H. (1993): Kalkige Dinoflagellaten-Zysten in Hell–Dunkel-Rhythmen des Ober-Hauterive/Unter-Barrême NW-Deutschlands.–Zitteliana, 20: 25–39
- KEUPP, H. (1995): Die kalkigen Dinoflagellaten-Zysten aus dem Ober-Alb der Bohrung Kirchrode 1/91 (zentrales Niedersächsisches Becken, NW-Deutschland).–Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe E, 16: 155–199
- KEUPP, H. (2001): Palaeoenvironmental interpretation of Late Albian calcareous dinoflagellate cysts from the Kirchrode I borehole (Lower Saxony Basin, NW Germany).–Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 174 (1-3): 251–267
- KEUPP, H.; KOHRING, R. & KOWALSKI, F.-U. (1992): Neue Arten der Gattung Ruegenia Willems 1992 (kalkige Dinoflagellaten-Zysten) aus Kreide und Tertiär.–Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe E, 3: 191–209
- KEUPP, H. & KOWALSKI, F.-U. (1992): Die kalkigen Dinoflagellaten-Zysten aus dem Alb von Folkestone/SE-England.–Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe E, 3: 211–251
- KEUPP, H. & MICHAEL, E. (1979): Calciodinelloidea aus der Blätterton-Fazies des nordwestdeutschen Unter-Barrémium.–Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft, Hannover, 122: 7–69
- KEUPP, H. & MUTTERLOSE, J. (1984): Vertical distribution of organisms in the D-Beds of Speeton (Lower Cretaceous, England) considering the calcareous dinoflagellate cysts.–Facies, 10: 153–178
- KOHRING, R. (1993): Kalkdinoflagellaten aus dem Mittel- und Obereozän von Jütland (Dänemark) und dem Pariser Becken (Frankreich) im Vergleich mit anderen Tertiär-Vorkommen.–Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe E, 6: 1–164

- KOHRING, R.; GOTTSCHLING, M. & KEUPP, H. (2005): Examples for character traits and palaeoecological significance of calcareous dinoflagellates.–*Paläontologische Zeitschrift*, 79 (1): 79–91
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. (1998): *Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling*, Elsevier Science; Amsterdam
- LENTIN, J.K. & WILLIAMS, G.L. (1993): *Fossil dinoflagellates: Index to genera and species*, 1993 edition.–*American Association of Stratigraphic Palynologists Contributions Series*, 28: 1–856
- LUTAT, P. (1996): *Die Fluktuationen der Palynomorphen-Vergesellschaftungen des Hauterive Nordwest-Deutschlands*. Ph.D. thesis, Universität Hannover, Hanover
- MENG, F.W.; ZHOU, C.M.; YIN, L.M.; CHEN, Z.L. & YUAN, X.L. (2005): The oldest known dinoflagellates: Morphological and molecular evidence from Mesoproterozoic rocks at Yongji, Shanxi Province.–*Chinese Science Bulletin*, 50: 1230–1234
- MICHAEL, E. (1979): Mediterranean faunal influences in the boreal Lower Cretaceous of northern Europe, especially NW Germany, in: Wiedmann, J. (Ed.) *Aspects of the Cretaceous in Europe*, Vol. 6: pp. 305–321
- MOCZYDŁOWSKA, M.; LANDING, E.; ZANG, W. & PALACIOS, T. (2011): Proterozoic phytoplankton and timing of chlorophyte algae origins.–*Palaeontology*, 54 (4): 721–733
- MOLDOWAN, J.M. & TALYZINA, N.M. (1998): Biogeochemical evidence for dinoflagellate ancestors in the early Cambrian.–*Science*, 281: 1168–1170
- MONNET, B. (1993): Wechselseitige Beziehungen organischer und kalzitischer Komponenten beim Wandungsaufbau orthopithonelloider und obliquipithonelloider Calciodinellaceae Deflandre 1947.–*Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe E*, 7: 1–75
- MORISITA, M. (1959): Measuring of interspecific association and similarity between communities.–*Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E*, 3: 65–80
- MUTTERLOSE, J. (1984): *Die Unterkreide-Aufschlüsse (Valangin–Alb) im Raum Hannover–Braunschweig*.–*Mitteilungen aus dem Geologischen Institut der Universität Hannover*, 24: 1–61
- MUTTERLOSE, J. (1991): Das Verteilungs- und Migrationsmuster des kalkigen Nannoplanktons in der Unterkreide (Valangin–Apt) NW-Deutschlands.–*Palaeontographica, Abteilung B*, 221 (1-4): 27–152
- MUTTERLOSE, J. (1997): *Lower Cretaceous*.–*Bochumer Geologische und Geotechnische Arbeiten*, 46: 7–12
- MUTTERLOSE, J. (1998): *Hauterivian of Frielingen*.–*Bochumer Geologische und Geotechnische Arbeiten*, 48: 52–55

- MUTTERLOSE, J. & RUFFELL, A. (1997): Frielingen clay-pit.–Bochumer Geologische und Geotechnische Arbeiten, 46: 105–121
- MUTTERLOSE, J. & RUFFELL, A. (1999): Milankovitch-scale palaeoclimate changes in pale–dark bedding rhythms from the early Cretaceous (Hauterivian and Barremian) of eastern England and northern Germany.–Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 154: 133–160
- MUTTERLOSE, J. & WIEDENROTH, K. (2009): Neue Tagesaufschlüsse der Unter-Kreide (Hauterive–Unter-Apt) im Großraum Hannover–Braunschweig: Stratigraphie und Faunenführung.–Berliner Paläobiologische Abhandlungen, 10: 257–288
- MUTTERLOSE, J.; WOOD, C.J. & ERNST, G. (1998): Introduction.–Bochumer Geologische und Geotechnische Arbeiten, 48: 39–51
- NEBE, D.W. (1999): Zyklenuntersuchungen an unterkretazischen Sedimenten in NW-Deutschland – Nachweisbarkeit von Milankovitch-Zyklen. Ph.D. thesis, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, available online at http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=959589031&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=959589031.pdf
- NEUMANN, C. (1999): Diversitäts- und Häufigkeitsmuster kalkiger Dinoflagellatenzysten aus dem Alb der Bohrung Kirchrode II (zentrales Niedersächsisches Becken, NW-Deutschland) und ihre möglichen Steuerungsmechanismen.–Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe E, 31: 1–79
- PASCHER, A. (1914): Über Flagellaten und Algen.–Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 32: 136–160
- PFLAUMANN, U. & KRASHENINNIKOV, V.A. (1978): Cretaceous calcisphaerulids from DSDP Leg 41, eastern North Atlantic.–Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 41: 817–839
- PIELOU, E.C. (1977): *Mathematical Ecology*. John Wiley and Sons; New York
- PRATT, L.M.; SUMMONS, R.E. & HIESHIMA, G.B. (1991): Sterane and triterpane biomarkers in the Precambrian Nonesuch Formation, North American Midcontinent Rift.–*Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55: 911–916
- REHÁKOVÁ, D. & MICHALÍK, J. (1996): Stomiosphaera or Orthopithonella? Cadosina or Obliquipithonella? Notes to ultrastructure and systematic position of some Jurassic–Cretaceous dinoflagellates from Western Carpathians.–*Mineralia Slovaca*, 28: 92–98
- SCHILLER, J. (1930): Coccolithineae, in: Rabenhorst, L. (Ed.) *Flagellatae*, Vol. 10: pp. 89–267
- SERVAIS, T.; MUNNECKE, A. & VERSTEEGH, G.J.M. (2009): Silurian calcispheres (Calcitarcha) of Gotland (Sweden): Comparisons with calcareous dinoflagellates.–*Comptes Rendus Palevol*, 8: 527–534
- SHANNON, C.C. & WEAVER, W. (1949): *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press; Urbana

- STRENG, M. (2003): Phylogenetic aspects and taxonomy of calcareous dinoflagellates.–
Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen, 210: 1–157
- STRENG, M.; BANASOVÁ, M.; REHÁKOVÁ, D. & WILLEMS, H. (2009): An exceptional
flora of calcareous dinoflagellates from the Middle Miocene of the Vienna Basin, SW
Slovakia.–Review of Palaeobotany and Palynology, 153: 225–244
- STRENG, M.; HILDEBRAND-HABEL, T. & WILLEMS, H. (2002): Revision of the genera
Sphaerodinella Keupp and Versteegh, 1989 and *Orthopithonella* Keupp and
Mutterlose, 1984 (Calciodinelloideae, calcareous dinoflagellate cysts).–Journal of
Paleontology, 76 (3): 397–407
- STRENG, M.; HILDEBRAND-HABEL, T. & WILLEMS, H. (2004): A proposed
classification of archaeopyle types in calcareous dinoflagellate cysts.–Journal of
Paleontology, 78 (3): 456–483
- SWAN, A.R.H. & SANDILANDS, M. (1995): Introduction to Geological Data Analysis.
Blackwell Science; Oxford, Cambridge
- TANGEN, K.; BRAND, L.E.; BLACKWELDER, P.L. & GUILLARD, R.R.L. (1982):
Thoracosphaera heimii (Lohmann) Kampter as a dinophyte: Observations on its
morphology and life cycle.–Marine Micropaleontology, 7: 193–212
- TAYLOR, F.J.R.; HOPPENRATH, M. & SALDARRIAGA, J.F. (2008): Dinoflagellate
diversity and distribution.–Biodiversity and Conservation, 17: 407–418
- VERSTEEGH, G.J.M.; SERVAIS, T.; STRENG, M.; MUNNECKE, A. & VACHARD, D.
(2009): A discussion and proposal concerning the use of the term calcisphere.–
Palaeontology, 52 (2): 343–348
- VOGLER, J. (1941): Ober-Jura und Kreide von Misol (Niederländisch-Ostindien).–
Palaeontographica, Supplements, 4: 245–293
- WANNER, J. (1940): Gesteinsbildende Foraminiferen aus Malm und Unterkreide des
östlichen Ostindischen Archipels nebst Bemerkungen über *Orbulinaria Rhumbler* und
andere verwandte Foraminiferen.–Paläontologische Zeitschrift, 22: 75–99
- WENDLER, J.; GRÄFE, K.-U. & WILLEMS, H. (2002a): Palaeoecology of calcareous
dinoflagellate cysts in the Mid-Cenomanian Boreal Realm: Implications for the
reconstruction of palaeoceanography of the NW European shelf sea.–Cretaceous
Research, 23: 213–229
- WENDLER, J.; GRÄFE, K.-U. & WILLEMS, H. (2002b): Reconstruction of Mid-
Cenomanian orbitally forced palaeoenvironmental changes based on calcareous
dinoflagellate cysts.–Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 179: 19–41
- WENDLER, J.E. & BOWN, P. (2013): Exceptionally well-preserved Cretaceous microfossils
reveal new biomineralization styles.–Nature Communications, 4: Article 2052
- WILLEMS, H. (1992): Kalk-Dinoflagellaten aus dem Unter-Maastricht der Insel Rügen.–
Zeitschrift für Geologische Wissenschaften, 20 (1–2): 155–178

ZIEGLER, P.A. (1990): Geological Atlas of Western and Central Europe. Shell Internationale Petroleum Maatschappij B.V.; Mijdrecht

ZÜGEL, P. (1994): Verbreitung kalkiger Dinoflagellaten-Zysten im Cenoman/Turon von Westfrankreich und Norddeutschland.–Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 176: 1–159

Plates

Plate 1

Figs A–E: *Pirumella?* sp. nov.

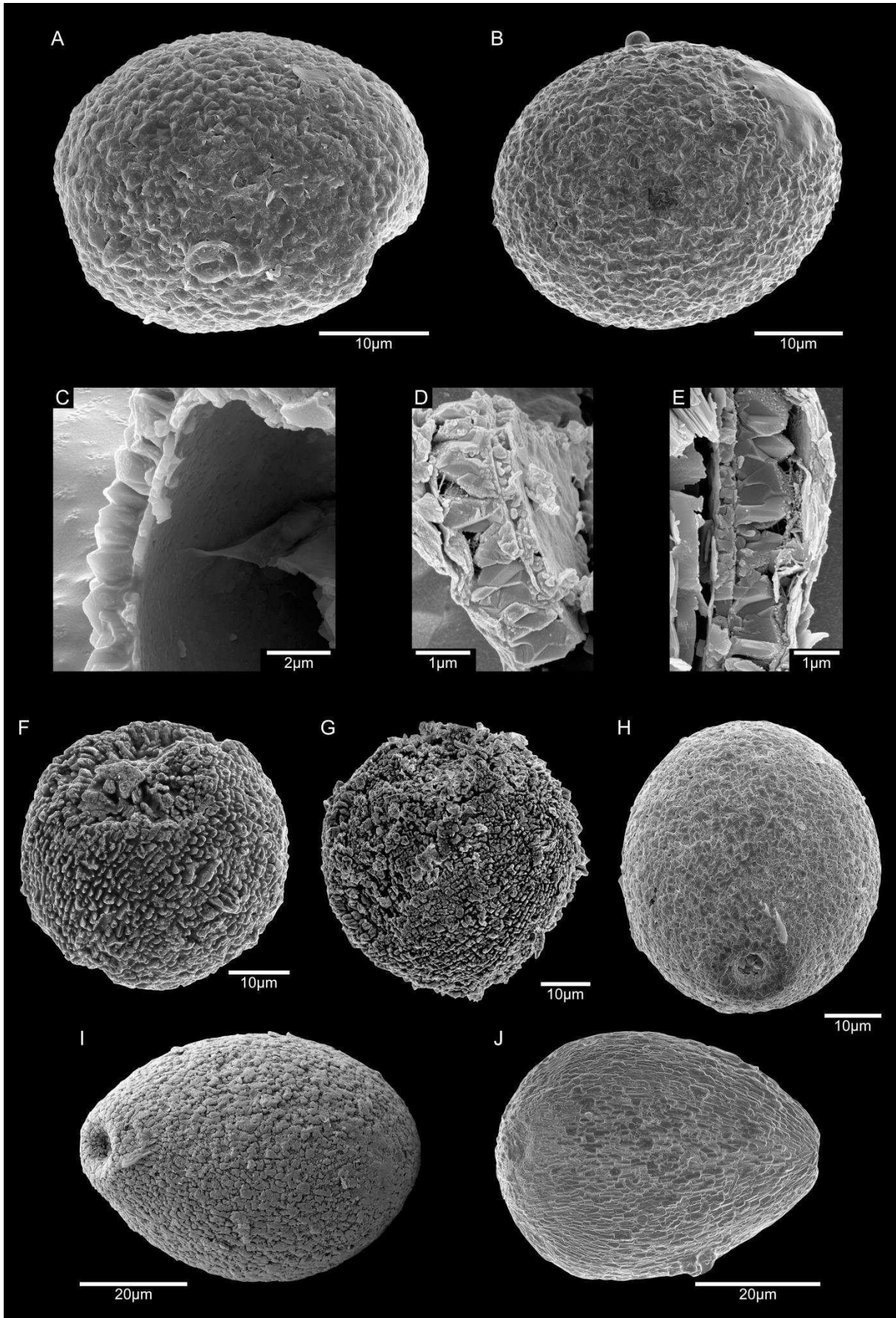
Figs A & B: *Pirumella?* sp. nov. from the clay-pit Frielingen is small, slightly oval in shape, and shows a structure of neatly arranged, pointed crystals on the surface (A: cyst 118.5b-133, B: cyst 118.2-96).

Figs C–E: The outer wall is rather thin and clearly consists of radially arranged crystals. The inner wall, if developed at all, is even thinner. Its ultrastructure is hardly accessible and seems to be recrystallized to some extent (C: cyst 118.5-8, D: cyst 118.4c-5, E: cyst 118.5b-102).

Figs F–J: The sediments of Frielingen bear the oldest undoubted occurrences of ‘*Pithonelloideae*’:

Figs F & G: *Pithonella sphaerica* is often poorly preserved but it shows the typical parquet like crystal structure on the surface.

Figs H–J: *Pithonella ovalis* is often better preserved.



Koprolithen, Cololithen, Otolithen, Gastrolithen, Statolithen und weitere somatische Sekretionen - Steine im Ohr, im Magen, im Darm oder sonst wo - Versuch einer systemischen und systematischen Lösung

H.-J. GREGOR, M. SACHSE & A. RICHTER

Zusammenfassung

Traditioneller Untersuchungsgegenstand der Paläontologen sind die am häufigsten anzutreffenden fossilen Rückstände wie Knochen und Schalenreste. Nur bei Weichteilerhaltung können hierüber hinausgehende Einblicke in den Organismus gewonnen werden. Aufgrund ihres seltenen Auftretens dürften die meisten biogen geprägten Erscheinungen schlichtweg aus Unkenntnis häufig von Paläontologen übersehen werden, was zu einem Verlust wertvoller Informationen führen dürfte. Es wird daher hier versucht, eine Systematik der zufälligen, pathologischen und zusätzlichen steinähnlichen Gebilden im Körper verschiedener Organismen aufzustellen und sie im Hinblick auf ihre Fossilisation zu untersuchen. Magensteine, Nierensteine, Koprolithen und Otolithen u.v.m. werden entsprechend ihrer Entstehung als körpereigen oder fremd-aufgenommen gegliedert. Natürlich handelt es sich nicht um einen vollständigen Katalog, sondern einen Vorschlag für eine Diskussionsgrundlage, da sich die hier verfolgte funktionelle Ausrichtung in der Praxis noch bewähren muss. Die Steine der Vormenschen werden ja auch Kulturen zugeordnet (z.B. Aurignacien), um Unterschiede und Gemeinsamkeiten besser fassen zu können.

Schlüsselworte: Somatische Sekretionen, Körpersteine, Gastrolithen, Koprolithen, Cololithen, Otolithen, fossil, rezent, Systematik

Anschrift der Autoren:

Dr. Hans-Joachim Gregor, Daxerstr. 21, D-82140 Olching;

e-mail: h.-j.gregor@t-online.de

Dr. Markus Sachse, Rümmanstraße 57/V, Petuelring, 80804 München,

e-mail: Sachse-m@gmx.de.

Andreas E. Richter, Ifenstr. 8 ½, 86163 Augsburg, a.e.r.fossilien@t-online.de

Inhalt	Seite
Zusammenfassung	273
1 Einleitung und Danksagung	275
1.1 Warum „Körper-Steine“?	275
1.2 Danksagung	276
2 Körpersteine	277
2.1 Allgemeines	277
2.1.1 Zoologische Objekte	277
2.2.2 Phytologische Objekte	277
2.2.3 Problematische Steine	278
2.2.4 Systemische Analyse – systematische Einordnung	279
3 Somatite nom.nov. – Körperbildungen, Körpersteine	279
3.1 Exkrement – Ausgeschiedenes	280
3.1.1 Faeces – Kot, Fäkalien	280
3.1.2 Koproolithen – eine Einführung	281
3.1.2.1 Koproolith – Kotstein	282
3.1.2.2 Koproolithen aus der Molasse	284
3.1.2.3 Dinosaurier-Koproolith	284
3.1.2.3.1 Überblick	284
3.1.2.3.2 Dino-Dung und seine Problematik	285
3.1.3 Peloide-Pellets	286
3.1.4 Guanolith – Guano-Phosphat	288
3.1.5 Skybala - Kotstein	288
3.1.6 Spuerolith nom.nov. – Speiballen, Gewölle	288
3.2 Konkrement – Anhäufung, Mischung	289
3.2.1 Enterolith - Darmstein	289
3.2.2 Cololith – fossiler Darmstein	289
3.2.2.1 Geschichtliche Einführung	289
3.2.2.2 Cololithen - Darmausgüsse	290
3.2.2.3 Cololithen - Problematik	291
3.2.3 Gastrolith sensu stricto – im Magen gebildeter Stein	292
3.2.4 Bezoar - Haarstein oder Faserstein	292
3.2.5 Statolith, Statoconia – Gleichgewichtsstein	293
3.2.6 Otolith – Gehörstein	293
3.2.7 Magnetolith nom.nov. - Magnetstein	294
3.2.8 Ophthalmolith nom.nov. - Augenstein	294
3.2.9 Kutikulosom - Haarzellenkügelchen	294
3.2.10 Tartarolith nom. nov. – Zahnstein, Tartar	294
3.2.11 Horreolith nom.nov. – Speicherstein	295
3.2.11.1 Crusta-Horreolith nom.nov. – Krebs-Speicherstein	295
3.2.11.2 Avi-Horreolith nom.nov. – Vogel-Speicherstein	295
3.2.12 Choleolith – Gallenstein	295
3.2.13 Urolith – Harnstein, Blasenstein	296

3.2.14 Nephrolith – Nierenstein und Ureterstein	296
3.2.15 Psammom = Sandstein	296
3.2.16 Sialolith (Ptyalolith) - Speichelstein	296
3.2.17 Vaginolith = Scheidenstein	297
3.2.18 Penilith = Penisstein	297
3.2.19 Spermaceti - Walrat	297
3.2.20 Lumbriculith nom. nov. – Regenwurm-Kalkkonkrement	297
3.2.21 Gypsobelum - Liebespfeil	297
3.2.22 Uniolith nom.nov. – Perlstein, Perle	298
3.2.23 Exostolith nom. nov. – Knochenwucherung	298
4 Devoralith nom. nov. – „Fressstein“, Schlingstein	298
4.1 Allgemeines	298
4.2 „Gastrolith“ nom. exclud. - echte körperfremde Magensteine	299
4.3 Alimentolith nom.nov. – Magenstein	299
4.3.1 Sauro-Alimentolith nom.nov. – Saurier-Magenstein	300
4.3.2 Avi-Alimentolith nom.nov. – Vogel-Magenstein	300
4.4 Gravitolith - Schwerkraftstein	301
4.6 Pensilith – Schwebestein	301
4.7 Rhinolith – Nasenstein (Sonderform)	302
5 Spezifizierung der genannten –Lithen	302
6 Schlussfolgerungen	306
Literatur	306
Tafeln	313
Appendix	350

1 Einleitung und Danksagung

1.1 Warum „Körper-Steine“?

Anlässlich der Bearbeitung von Koprolithen und Gastrolithen aus dem eozänen Stolzenbach mit Hilfe von Schliffen durch SCHMIDT & ACKERMANN (2013) fiel uns das Fehlen einer systematischen Bearbeitung von Steinen auf, welche durch biogene Einwirkung entstanden sind. Dieses Defizit ist dadurch erklärbar, dass derartige Funde nur vereinzelt registriert und beschrieben werden. Dies wiederum führt dazu, dass sie aus schlichter Unkenntnis übersehen werden. Dies ist umso bedauerlicher, weil weitreichendere Informationen nicht erfasst werden können, die eine Vielzahl taphonomischer, diagenetischer, sedimentärer, ökologischer, aber auch metabolischer und pathologischer Interpretationsansätzen bieten.

Lediglich einen Überblick zu verschiedenen Koprolithen publizierte schon SCHMITZ 1991 und in vielen Publikationen über die Ölschiefer von Messel und Rott werden diese auch erwähnt (vgl. z.B. KOENIGSWALD 1996: S. 80, Abb. 9.8 und SCHMIDT & ACKERMANN 2007, SCHMIDT & ACKERMANN 2013).

Aufbauend auf der bisherigen Systematik soll hier versucht werden, Koprolithen aus anderen Zeiten und Ablagerungen mit in die anatomisch-morphologischen Untersuchungen z.B. bei den großen Exemplaren von Stolzenbach einzubeziehen (GREGOR, SACHSE & OSCHKINIS 2013).

Darüber hinaus wird eine Übersicht und Systematik möglicher, im lebenden Körper geformter Steine vorgestellt, deren fossiler Nachweis häufig aber noch aussteht. Für diese Steine werden z.T. neue Begriffe vorgeschlagen. Wie schwierig Namensgebungen sein können, zeigen die Begriffe „Rhizolith und Rhizolit“ (LEHMANN 2012): ersterer ist eine sich verzweigende Wurzelspur, letzterer ein Gestein, das durch Wurzeln definiert wird (Struktur und Textur). Eine ähnliche Problematik haben wir auch hier.

Bei unseren Begriffsdefinitionen erfolgte eine enge Anlehnung an medizinische Begriffe, um Interpretationsansätze zu erleichtern. Wir hoffen, dadurch zu ermöglichen, den Fokus auf bisher vernachlässigte Aspekte in der Geowissenschaft zu erweitern.

Punktuell werden solche Brücken bereits geschlagen. Ähnliches ist in dem hervorragenden Lehrbuch von LUCIUS und LOOS-FRANK (2008) nachzulesen, worin der Begriff Parasit von allen Seiten betrachtet wird und eine klare Einordnung der Parasiten, der Wirte und der Übertragung dargelegt wird – Auch hier ein systemisch-systematischer Überblick.

Eine Ausstellung zum Thema „Himmelssteine-Körpersteine“ gab es 2003/4 an der Georg-August-Univ. Göttingen, ausgerichtet von Kollegen REICH, WINGS usw. (siehe Internet).

Eine weitere diesbezügliche Ausstellung namens „Steine“ von Ilana HALPERIN am Berliner Medizinhistorischen Museum der Charité organisiert letztes Jahr ist in einem Begleitkatalog (BARNES & PATRIZIO 2012) dokumentiert.

1.2 Danksagung

Herzlichen Dank sagen wir den Inhabern der Straußenfarm Donaumoos, Frau Susanne ENGELHARDT und Herrn Horst ENGELHARDT (Herdweg 2, 89340 Leipheim, Tel: 08221/273209, www.straussenfarm-donaumoos.de). So konnte Autor GREGOR beim Schlachten zugegen sein und den Mageninhalt studieren, Proben nehmen, untersuchen und hier darstellen.

Dr. Uli SEEHUBER (Wolfsberg 4, D-86450 Altenmünster) war freundlicherweise bereit, Literaturdaten für uns nachzusehen.

Eine wichtige Literaturstelle wurde uns freundlicherweise durch Mag. Sonja FRÜHWIRTH vom Haus der Natur - Museum für Natur und Technik (Museumsplatz 5, 5020 Salzburg) vermittelt.

Kollege Dr. Markus UNSÖLD von der Zoologischen Staatssammlung München konnte uns dankenswerterweise mit Daten und Bildern zum Magenstein eines Pferdes sowie zu Magensteinen von Vögeln helfen.

Señor Lopez F. YESTE aus Morella (Spanien) war dankenswerterweise bereit, einen Zahn und einen Magenstein eines Iguanodonten für das Naturmuseum Augsburg und damit für diese Untersuchung zur Verfügung zu stellen (heute im Dinosaurier Museum Morella).

Eine ganze Reihe Objekte konnten dank des Entgegenkommens der Leitung des Naturhistorischen Museums in Dillingen näher untersucht und fotografiert werden.

Kollege Dr. Christoph MAYR aus dem GeoBio-Center LMU, Department Geo- und Umweltwissenschaften, Richard-Wagner-Str. 10, 80333 München war so freundlich, uns einen Gallenstein aus seiner Sammlung auszuleihen.

Herrn Uwe KRAUTWORST (Naturstein GmbH Creutzburg) konnten wir auf der Petrefakta in Stuttgart-Leinfelden gewinnen, uns Magensteine von Dinosauriern aus den USA für die Untersuchung zu überlassen.

Dr. Günther SCHLEUSSNER von der Wilhelma (Zoologisch-Botanischer Garten in Stuttgart) war so freundlich, uns Kotballen vom Breitschnauzenkrokodil für die Arbeit zu besorgen.

Präparator Thomas RATHGEBER vom Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart hat uns dankenswerterweise Fotos von Koprolithen aus eiszeitlichen Schichten und von der FRAAS-Exkursion 1865 besorgt.

Prof. Dr. U. THEWALT (ehem. Abt. Mineralogie, Univ. Ulm) war so freundlich, alle REM-Aufnahmen von Kleinobjekten zu machen und so zu mancher Klärung beizutragen (Peloide, Steinchen aus Straußenmagen).

Fam. KRAHN (94550 Künzing-Forsthart) war so freundlich, die Untersuchung ihres fossilen Baumstamms von Rauscheröd (Ortenburger Schotter) zu gestatten.

Fr. Ch. NECKER (Deubach bei Günzburg) stellte freundlicherweise das 1993 im Tgb. Hambach (RWE Köln) gefundene Kotpillenmaterial der Untersuchung zur Verfügung.

2 Körpersteine

2.1 Allgemeines

2.1.1 Zoologische Objekte

Hier soll ein Überblick zu den verschiedenen Typen von „Steinen“ und deren Verwandten samt Problemen der systematischen Zuordnung gegeben werden.

Hat man mit fossilen oder rezenten Otolithen, Koprolithen oder ähnlichen Gebilden zu tun, muss man sich auf manche Probleme der Zuordnung gefasst machen. Autor GREGOR (2007) hat sich schon mal mit der Definition von Bernstein, Gummen und Harzen herumgeschlagen und ähnlich mag es hier sein. Viele Begriffe sind verwirrend und passen systematisch nicht zusammen. So wird hier eine neue Systematik für diese Objekte aufgestellt.

Als Beispiel möge der steinharte Kotstein gelten, der aber im Blinddarm gebildet wird. Er ist demnach ein Enterolith, aber kein normaler Kot. Natürlich wird er ausgeschieden und ist demnach als „Kot“ zu bezeichnen – wie der Nierenstein, der über die Harnleiter ausgeschieden werden kann!

Wir müssen bei der Beobachtung der „Körpersteine“ auch unterscheiden zwischen natürlich gebildeten Organen wie z.B. Zähnen, die immer ausgebildet werden – im Gegensatz zu den meist sporadisch auftretenden, meist pathologisch gebildeten, hier im Weiteren besprochenen Körpersteinen. Zu natürlichen Skelettelementen (Endo- und Exo-Skelett) gehören z.B. Knochen, Rostren, Hornringe (Eulen), Tintenbeutel (fossilisiert hart), Gladius oder Schulp vom Octopus, weiter auch Conodonten, Onychiten (vgl. z.B. REICH & FRENZEL 1997 und SCHWEIGERT 1999), Haizähne aus Hautschuppen, u.v.m.

Die aus Opal bestehenden Schwammnadeln sind eigentlich Klassiker der Körpersteine. Sie werden im Zellkörper des Schwammes gebildet und haben verschiedene Ausbildungen. Häufig sind Gitterstrukturen oder vereinzelt vorliegende anker-, hantel-, oder kugelförmige Gebilde. Allerdings können sie hier nicht einbezogen werden, da sie immer gebildet werden und nicht als pathologisch oder temporär angesehen werden können. Ihr Fachbegriff ist „Spicula“ oder „Skleren“ (GREGOR et al. 2002).

2.2.2 Phytologische Objekte

Wir wollen hier auch nicht auf die Pflanzenwelt eingehen, die ebenfalls „Körpersteine“ aufweist, nur natürlich andersgeartet. Denken wir nur an Resinite – Harzkörner im Holz von Nadelgewächsen und in Steinkernen von Kornelkirschen z.B. Es gibt des weiteren

Oxalatkristalle, alle möglichen chemischen Verbindungen in der Holzstruktur, aber auch sog. Opalphytolithe in Gräsern. Die letzteren sind winzige (tausendstel mm groß) Kristalle aus Opal und schleifen den Pflanzenfressern die Zähne ab. Riefen davon kann man sowohl an Backenzähnen sehen (KOENIGSWALD & SANDER 1997) aber auch als glänzende Areale an archäologisch-vorgeschichtlichen Silex-Klingen, die beim Getreideschneiden verwendet wurden.

Inwieweit Seebälle in diese Gruppe passen, sei noch dahingestellt. Seebälle bestehen aus Kieselsäureführenden nadelartigen Leitbündeln von See gras-Blattscheiden am Rhizom, die sich bei Verwesung der Pflanze bilden. Sie werden beim Wellenschlag in der Strandzone verklumpt und bilden ganze Nester von ballförmigen Gebilden. Plinius hat die wohl damals schon in der Medizin verwendeten Seebälle als „Aegagropila“ bezeichnet (ital. Egagropili). Fossile Vorkommen wären nach unseren folgenden Ausführungen als „Aegagropilith“ zu bezeichnen sein. Jurassische Seebälle wurden schon einmal im Posidonienschiefer nachgewiesen (KELLER & SCHAARSCHMIDT 1980), auch wenn diese dann aus Tracheiden (mit Hoftüpfeln) von Treibhölzern (Protopinaceen), durch Moderfäule bedingt, bestanden.

2.2.3 Problematische Steine

Gastrolithen sensu lato sollen hier kurz erwähnt werden, wobei ihre Problematik an den verschiedenen Bildungsweisen erklärt werden kann.

Der Begriff kommt vom griechischen gaster=Bauch und Lithos=Stein und bezeichnet meist verschluckte Steine (Lithophagie=Steinfressen).

Wir unterscheiden bei den Magensteinen aber Bio-, Geo- und Patho-Gastrolithen, je nach Funktion oder Herkunft. Bio-Gastrolithen werden zur Verdauung aufgenommen (Seelöwe, Robbe und manchmal bei Walen), Geo-Gastrolithen zur Information über die Lage im Wasser (bei Wassertieren wie Krokodilen z.B. als Ballast) und Patho-Gastrolithen bilden sich als Konkrement im Magen aus verschluckten Haaren, Pflanzenfasern u.Ä. (siehe oben).

Aufgrund der beiden unterschiedlichen Verhaltensweisen, einmal aktive Aufnahme eines Steines und zweitens passive Umhüllung zufällig aufgenommener Haare etc., werden die oben erwähnten drei Typen aufgegliedert, wobei körpereigene und körperfremde unterschieden werden. Den Begriff „paleogastrolith“ bringen SCHMEISSER & FLOOD (2005) erstmals ins Spiel.

Dass Gastrolithen, z.B. in der Kreide, sogar zur Lösung von geologisch-paläogeographischen Problemen beitragen können, zeigen Arbeiten von ERNST et al. 1996 und ERNST & KOHRING 1992.

WINGS hat in einer hervorragenden Arbeit 1994 alle Aspekte von Gastrolithen untersucht und die Terminologie des Begriffes erläutert (ibid. S. 24), eine neue Definition vorgeschlagen (ibid. S. 26), die zugehörige Lithophagie (Einzelsteine, vgl. auch WHITTLE & EVERHART 2000) von der Geophagie (Boden bzw. Weichgesteine) unterschieden (WINGS 1994: 29) sowie den Begriff Exolith für Fremdgesteine verwendet (ibid. S. 28, vgl. Kap. 4.3.1).

Inzwischen sind einige weitere problematische „Steine“ aufgetreten, die man als Orientierungshilfen beim Vogelzug, Tierwanderungen usw. für die magnetische Orientierung verantwortlich machen könnte. Es handelt sich im strengen Sinne nicht um Konkretionen aus Kalk etc., sondern um Konkretionen aus Eisen; sie sind also rein mineralisch. Sollten sich die Befunde verifizieren lassen, würde man diese Steine als Magnetolithe bzw. Magnetominerale

bezeichnen. Aufgrund fehlender Beweise muss dies Frage noch offenbleiben. Hierher würden zwei oben erwähnte Objekte passen, die Magnetolithe, Ophthalmolithe und die Kutikulosen (Kap. 3.2.7-9).

Erwähnen möchten wir noch, dass alle im Sediment vorkommenden „Steintypen“ im Hinblick auf das Sediment beobachtet werden müssen (vgl. FÜCHTBAUER 1988), damit eine Einengung verschiedener Probleme zum Fundhergang erfolgen kann.

2.2.4 Systemische Analyse – systematische Einordnung

Wir versuchen hier, eine systemische Analyse vorzunehmen, keine systematische. Was ist nun der Unterschied?

Jeder systemische Ansatz zeichnet sich dadurch aus, dass man sich nicht auf den Problemträger konzentriert, sondern ein ganzes System in den Blick nimmt. Bezogen auf ein Individuum meint das: Der Einzelne wird nur in so weit als Individuum betrachtet, wie er als Element auf das System wirkt und wie er dessen Wirkungsfeld ausgesetzt ist. So sieht die systemische Beratung und Therapie in jedem Individuum auch einen „Symptomträger“ und berücksichtigt damit, dass die Problematik, die sich am Individuum zeigt, nicht dessen ureigene und isoliert zu betrachtende Symptomatik sein muss. Aus systemischer Sicht manifestiert sich am Problemträger eine Störung, die ihre Ursache im Gesamtsystem in einem gestörten Ablauf hat. Ebenso ist natürlich der Erfolg eines Individuums zugleich der Fortschritt eines lebendigen, lernenden Systems.

Bezogen auf die vorliegende Arbeit meint das: Wir untersuchen Objekte aus verschiedenen Bereichen, legen ihre Problematik offen (z.B. Begriff sowohl in der Medizin als auch Paläontologie üblich), vergleichen Definitionen, stellen neue Begriffsinhalte her und versuchen am Ende eine systematische Analyse.

Häufig wird das Wort systemisch mit *systematisch* verwechselt. Der Unterschied (... at ...) wird unglücklicherweise dabei übersehen.

Der Duden kennt nur das Wort *systematisch*, obwohl der *systemische* Ansatz schon seit vielen Jahren in der Wissenschaft fußgefasst hat, z.B. in der Ökologie, Soziologie und Psychologie. Von „*systematisch*“ sprechen wir immer dann, wenn wir einem System folgen, nach einem System vorgehen, wenn wir also planmäßig und konsequent vorgehen.

Systemische Analysen sind in der Paläontologie häufig, da z.B. aus dem Vorkommen fossiler Pflanzen auf Ökologie, Klima oder Alter einer Region geschlossen werden kann – eine rein systemische Analyse.

3 Somatite nom.nov. – Körperbildungen, Körpersteine

Die Körpersteine bzw. -bildungen werden nach dem Soma (griech. Soma = Körper) benannt. Es handelt sich um Bildungen des lebenden Körpers, die kein Exo- oder Endoskelett darstellen, keine Hörner, Geweihe etc., keine Zähne oder Stacheln usw., also keine immer vorhandenen „Organe“ bzw. deren Teile. Diese Körperbildungen treten sporadisch auf, immer im Wechsel, sind sowohl pathologisch als auch funktionell nötig oder dienen verschiedenen Lebensvorgängen.

Natürlich gibt es eine Reihe von Übergängen, denn die Natur macht kaum etwas stur und geradlinig. Wir haben jegliche Übergänge mit einzubeziehen und können manchmal kaum eine direkte Zuordnung schaffen. Nehmen wir als Beispiel die Stoßzähne der Elefanten. Beim indischen Typus sind sie oft nicht mehr angelegt bzw. verkümmert und sehr klein, beim

afrikanischen viel häufiger. Was ist nun normal? Da beim indischen Elefanten die Zähne nur mehr sporadisch auftreten, könnte man sie durchaus als Körperbildungen sporadischer Art bezeichnen, außer sie sind als Relikte aufzufassen. Letzteres ist ja wohl der Fall, da sie fossil immer in der Evolutionsreihe der Elefanten zu finden sind. Relikte (Überbleibsel aus alter Zeit) oder Resilienzien (widerstandsfähige „Überlebenskünstler trotz widriger Umstände) sind im Laufe der Evolution verschwundene Bildungen und sind demnach nicht unter die folgende Systematik zu bringen? – der Leser kann dies aber ungeniert tun, da es sich eindeutig um einen Übergang handelt (Stoßzahntäger - Nichtstoßzahntäger).

3.1 Exkrement – Ausgeschiedenes

3.1.1 Faeces – Kot, Fäkalien

Es handelt sich um das aus dem Darm (Dickdarm, Blinddarm) ausgeschiedene Verdauungsprodukt von Tieren (incl. Mensch), bestehend aus einem Brei mit Zellen des Darms, Wasser, Bakterien, Nahrungsresten und Gärungsprodukten – also im weiteren Sinne um „Dreck oder Schmutz“, auch Fäzes oder *Faeces* (wohl im 19. Jahrhundert aus dem franz. Adj. *fécal* als Fäkalien) entstanden. Mist ist lockerer, aus Pflanzengemengsel bestehender Kot (aber mit Einstreu), Losung in der Jägersprache üblich (bei Reh, Hase usw., siehe aber auch bei Kap. 3.1.2.3 Peloide). Beim hier gezeigten Kotballen eines Elefanten würde der Begriff Mist gut passen, da es sich um fast reine Pflanzenfasern handelt, kugelig in Form gepresst (Taf. 7, Fig. 3, 4). Hier sind auch alle Formen von Kotballen oder Ausscheidungsmaterialien wie Dung (bei der Stallhaltung üblich), „Äpfel“ (Ross-Äpfel), Fladen (Kuhfladen) usw. gemeint. Raubtiere haben eher harten, wurstförmigen Kot mit Knochen und Fleischumwandlungsprodukten, Pflanzenfresser flüssigen bis weichen kugelig-fladenförmigen mit Pflanzenfasern und Holz-Borke-Resten.

Ein fossiler Kot wäre, streng genommen, ein Faecelith, da aber der Begriff Koprolith eingebürgert ist, soll letzterer als „nomen conservandum“ weitergeführt werden.

Wieder eine Besonderheit stellt das Erbrechen von Kot dar, z.B. beim Darmverschluss (Kopromesis). Diese Bildung, ein verhärteter Kotballen, wäre dann ein Kopromesith.

Welche Rolle die Exkremente beim Menschen spielen, wird schön im Buch von BOURKE (1992) über den Unrat dargelegt. Schon die Römer hatten einen Gott des Kotes (Stercutius), einen des Furzes (Crepitus) und eine Göttin für den Abtritt, die Cloaca maxima in Rom (Venus Cloacina) – dies nur zur Abrundung der unten beschriebenen Probleme, aber eben im Kulturgut.

Dass Faeces aus geschichtlicher Zeit (Anasazi, New Mexico, 850-1300 n.Chr.) durch ihren chemischen Inhalt Aussagen spezieller Art erlauben, zeigen die Studien von TURNER an indianischen Überresten. Er konnte somit eindeutige Beweise für Kannibalismus finden (vgl. ERMEL 2005), wobei hier Proben auf Myoglobin, ein Eiweiß, das nur in Skeletten und im Herzmuskel des Menschen gefunden wird, genommen wurden. Das Myoglobin kann nicht in den Verdauungsapparat gelangen, außer durch essen (TURNER & TURNER 1999). Faeces sind also wichtige Objekte geschichtlicher Erforschung.

Ähnliches gibt es aus der Geschichte der Indianer, aus der sog. Prae-Clovis Kultur zu berichten. In den unteren Schichten der „Paisley Caves“ (Oregon, USA) fanden sich Überreste der Paläo-Indianer, darunter „Koprolithen“, also Faeces von den Ureinwohnern (14300 Jahre nach Radiokarbon-Datierung, also Übergang Pleistozän-Holozän).

Auch hier waren „Stuhlgänge“ mit einem Alter von etwa 15 000 Jahren Jahren Beweismittel für ethnographische Zuweisungen (Haplogruppen A2, B2), bedingt durch die Untersuchung der menschlichen DNA und vor allem der mitochondrialen DNA (THOMAS et al. 2008).

3.1.2 Koprolithen – eine Einführung

Koprolith bezeichnet medizinisch einen verhärteten, eingedickten Kotstein (pathologisch, siehe Skybala), paläontologisch allgemein ein fossiles Exkrement. Die meist phosphatisch ausgebildeten Spurenfossilien wurden schon 1824 von W. BUCKLAND als Koprolithen bezeichnet. Wir halten uns im Folgenden an den letzteren Sprachgebrauch.

Von Stolzenbach und Eckfeld, aus dem Eozän, wurden vor kurzem Koprolithe nachgewiesen (Taf. 2, Fig. 5), ebenso in diesem Band aus der Molasse Süddeutschlands (Taf. 5 und 6) – und mit rezentem Faeces vom Breitschnauzenkrokodil verglichen (GREGOR, SACHSE & OSCHKINIS 2013, hier Taf. 11, Fig. 1). RICHTER & BASZIO (2001) untersuchten faden- und scheibenförmige Fischkoprolithen aus dem eozänen Ölschiefer von Eckfeld und dokumentierten als Inhalt vor allem verschiedenste Insektenreste, aber auch andere Arthropoden. Schon 1842 waren in England (Suffolk) phosphatreiche Koprolithenlager als Düngemittellieferanten abgebaut worden.

Natürlich ist die Literatur zu Koprolithen unübersehbar, und so soll dieses Thema hier nur kurz gestreift werden. Der Begriff wird je nach Fach, sehr unterschiedlich gehandhabt (siehe Kap. 3.1.5). Ein Bild aus dem Internet soll hier noch gezeigt werden (Taf. 13, Fig. 3), da es Ähnlichkeit mit einem Exemplar aus Stolzenbach (Taf. 2, Fig. 5) hat und ebenso eine Krümmung aufweist. Es wird einem *Anthracotherium* zugeschrieben, einem Kohleschwein, das auch im Eozän vorkommt. Im Gegensatz dazu steht die Bestimmung eines ähnlichen Koprolithen bei GREGOR et al. 2013: 35 (Taf. 1, Fig. 1, 2), der als *Diplocynodon*-Kot bezeichnet wird. Vielleicht kann man in Zukunft statt einer vorläufigen Zuordnung eines Koprolithen unter Typ x (sensu SCHMITZ 1991) die seit 1998 erfolgreiche Analyse der DNA hier einsetzen.

Besonders gut erhalten sind Hyänen-Kotballen, da sie hart und phosphatreich sind und sich auch relativ häufig in eiszeitlichen Ablagerungen finden (vgl. DIEDERICH 2012, und Taf.14, Fig. 2, 4), z.B. in der Aufhäuser Höhle (Würm-Glazial) oder im Stbr. Biedermann in Untertürkheim (Eem-Glazial, Höhlenhyäne - *Crocuta crocuta spelaea*, Taf. 14, Fig. 4, Appendix 2). Gleichzeitig eine geschichtliche Besonderheit stellen die rezenten Faeces aus der ägyptischen Wüste dar, die O. FRAAS 1865 dort gefunden und nach Stuttgart mitgebracht hat (Streifenhyäne - *Hyaena hyaena*, vgl. Taf. 14, Fig. 2, 3) (freundl. Hilfe durch Th. RATHGEBER, vgl. Appendix 1). Obwohl letztere als Faeces angesprochen werden müssen, sollen sie hier zum Vergleich mit den fossilen eiszeitlichen Koprolithen erwähnt werden.

In zwei bedeutsamen Publikationen haben MOL et al. (2006, fig. 11, 12) und GEEL et al. (2008, Fig. 2.2,) den „Dung“ des Yukagir Mammuts näher untersucht und interessante Ergebnisse gefunden. Der Dung wäre erst einmal als Koprolith anzusehen, ist aber im Dickdarm des gut erhaltenen Tieres gefunden worden, also als Cololith anzusprechen. Da aber das Mammut den Dung beweisbar gefressen hat (durch Pilze usw. belegt), ist es ein Koprolith, der als partieller Cololith vorliegt, also eine sekundäre Verwertung zeigt (Kotfressen ist ein weitverbreitetes animalisches Verhalten).

Die Auswertung der palynologischen und makrobotanischen Reste ergab eine erstaunliche Fülle von Informationen.

Palynologie: Gräser und vor allem *Artemisia*, aber auch *Plantago*, *Armeria*, *Polemonium* und Caryophyllaceae, deuten Steppe-Bedingungen an, auch durch fehlende Baumpollen angezeigt.

Makroreste: *Salix*-Kapseln und Blätter, und weiter Reste von *Poa* cf. *arctica*, cf. *Agrostis* sp., cf. *Hordeum* sp., *Potentilla* sp., *Rumex acetosella*, einige *Carex*-Arten, *Papaver* sp. Caryophyllaceae, Brassicaceae, Primulaceae (*Lysimachia*?) und vermutlich Asteraceae stehen etwas im Gegensatz zur vorherigen Auflistung bei den Pollen. Die Moose (*Drepanocladus* vel *Campylium*, *Polytrichum* sp., *Bryum* sp., und Pottiaceae) deuten ebenfalls variable Standortverhältnisse an wie die vorherige Auflistung: Steppe, Tundra, Taiga (vgl. dazu GEEL et al. (2008, Fig. 2.2, Pollen-fig. 2.3-11, Makro-fig. 2.12-15, Tab. 2, 3, 4, Fig. 3.16-39, Fig. 4.40-47).

Wie die weiteren Bearbeitungen zeigen werden, können wir diverse Koprolith-Typen unterscheiden (zusätzlich zu denen von SCHMITZ 1991): Insekten-, Kleinkrebs-, Wurm-, Schnecken-, Fisch-, Krokodil-, Säuger-, Hyänen-, Saurier- und Dinosaurier-Koprolithen.

3.1.2.1 Koprolith – Kotstein

Leitspruch der Koprolithen-Forscher: „Es ist ein schmutziger Job, aber irgendjemand muss ihn tun!“

Koprolithe sind fossile Exkreme. Es sind trotz der körperlichen Erhaltung Spurenfossilien. Sie liegen oft in phosphatischer Überlieferung vor (zeitweise wurde intensiver Bergbau auf Koprolithen-Lager durchgeführt zur Gewinnung als Dünger) oder sie sind verkalkt oder auch verkieselt. Koprolithen vermitteln wichtige Informationen über das Leben der Verursacher und damit der damaligen Umwelt. In der klassischen Paläontologie wurden früher ausschließlich oder weitestgehend Knochen, Schädel und Zähne der Wirbeltiere untersucht, während heute auch die palökologischen Aspekte erforscht werden. Hierbei bieten Koprolithen biologische Informationen, die auf anderem Weg nicht erhältlich sind.

Die Koprolithen, die zur Namensgabe führten, wurden von Mary ANNING gesammelt. Damals hießen sie noch „*Bezoar Stones*“. Sie erkannte in aufgebrochenen eiförmigen Steinen aus dem Unterjura von Lyme Regis Fischschuppen, Gräten und selten auch Knochenreste (von vermutlich jungen Ichthyosauriern). Sie gab Stücke an William BUCKLAND weiter, der sie richtig als fossile Exkreme deutete und 1829 die Bezeichnung „Koprolith“ (altgriechisch κοπρος = „Kot“ und λιθος = „Stein“) einführte.

BUCKLAND hatte 1822 Hyänen-Koprolithe aus quartären Höhlenablagerungen untersucht und als solche erkannt und er deutete die Natur der von Mary ANNING übergebenen Objekte in der Form von „*oblong pebbles or kidney-potatoes*“ richtig. Die Zuordnung zu Ichthyosauriern als Verursacher nahm er vor wegen der mehrfach beobachteten Koprolithen-Lage in/bei Skeletten und wegen der grundsätzlich passenden Größe. BUCKLAND beschäftigte sich dann intensiver mit Koprolithen und ließ sich – Exzentriker, der er war – sogar eine Tischplatte aus geschliffenen Koprolithen anfertigen.

Er deutete die Spiralmarken auf der Oberfläche gut erhaltener Koprolithe richtig als Hinweis auf Spiralstreifung der Ichthyosaurier-Därme ähnlich jener der modernen Haie. Die intensive Schwarzfärbung mancher dieser Ichthyosaurier-Koprolithe erklärte er mit Einfärbung durch die Tinte gefressener Belemniten-Tiere.

Die ältesten Koprolithe stammen aus kambrischen Ablagerungen, nach anderen Quellen aus dem Ordoviz. Sie treten durch die ganze Erdgeschichte hindurch auf bis ins Quartär. In seltenen Fällen lassen sich Koprolithe als Leitformen nutzen wie z.B. *Favreina salevensis* (PARÉJAS) (Crustaceen-Peloide) im Oberjura der Typus-Lokalität von Haute-Savoie/Frankreich.

Koprolithe gibt es in vielen Sedimenten. Oft handelt es sich dabei um terrestrisch entstandene Gesteine, aber auch in marinen Sedimenten treten Koprolithe auf (s.u.). Und auch im Muschelkalk und im Keuper gibt es Koprolithen, auch im Kupferschiefer (Perm) sind sie nicht extrem selten. Und jeder, der schon einmal in den Solnhofener Plattenkalken (oberer Oberjura) gesammelt hat, kennt die dort teils recht häufigen Cephalopoden-Koprolithe, „Lumbricarien“.

Nun ist es so, dass Koprolithen in vielen Fossil-Lagerstätten auftreten, und zwar sowohl in terrestrischen Sedimenten (als Beispiel Messel, z.B. KELLER & SCHAAL 1988) wie auch in marinen Schichten (Koprolithe von Ichthyosauriern im unteren Unterjura der englischen Südküste), Stichwort „Jurassic Coast bei Lyme Regis“, oder auch im oberen Unterjura von Mistelgau in Bayern (Taf. 16, Fig. 21) sowie bei Charmouth (Taf. 16, Fig. 19, 20) in Süd-England (SEILACHER 2003: 233). Neuerdings hat SCHWEIGERT (2013: 61) einen über 6 cm langen Koprolithen aus dem Dogger (Eisensandstein) von Aalen-Wasseralfingen mitgeteilt (Wirbeltier indet.).

Die Häufigkeit von fossilen Koprolithen steht in keinem Verhältnis zum Vorkommen zur Erzeugungszeit. Exkreme sind auf dem Festland wie auch im Wasser höchst vergänglich und werden nur in Ausnahmefällen fossil. Somit stellt jeder fossile Koprolith eine Ausnahme dar.

Koprolithe lassen sich nicht oder nur sehr selten speziellen Erzeugern zuordnen. Immerhin gelang es 1998 erstmals, DNA-Fragmente für Frequenz-Analysen zu isolieren. Koprolithe ermöglichen keine Aussagen über Aussehen und Körperbau der Erzeuger, sehr wohl aber über deren Lebensweise.

Umriss und Form der Koprolithe können bei kleineren Exemplaren (von kleineren Tieren) in etwa der Originalform entsprechen. Die Koprolithe größerer Tiere – vor allem der Dinosaurier – verlieren die ursprüngliche im Übrigen vermutlich ohnehin wenig aussagekräftige Form bei der Ablage, vor allem, wenn diese von hoch oben erfolgte.

Die meisten Koprolithe haben einen hohen Calcium-Phosphat-Anteil. Dabei bewirkt das Phosphat eine relativ schnelle Verfestigung der Exkreme – im Extremfall sind sie schon nach zwei Wochen so ausgehärtet, dass sie fossil werden können. Der hohe Phosphat-Anteil ist vor allem bei Koprolithen von Carnivoren gut erklärbar – er stammt aus dem Knochen der gefressenen Beutetiere. Pflanzenfresser-Koprolithe benötigen für die Fossilisation eine externe Phosphat-Quelle, was zum Beispiel in marinen Sedimenten gegeben sein kann.

Falls die fraglichen Strukturen nicht phosphatisiert sind und keinerlei Einschlüsse von Pollen, Samen, Pflanzen-Gewebe, tierischen Resten wie Gräten, Schuppen, Zähnen und Knochen haben, handelt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht um Koprolithe.

Pollen-Einschlüsse informieren nicht nur darüber, was die Verursacher fraßen, sondern auch, wann sie es fraßen. Findet man z.B. Pollen von Pflanzen mit bestimmten Blütezeiten, dann kennt man die Entstehungszeit der Exkreme.

Koprolithen-Untersuchungen führt man normalerweise an Dünnschliffen durch. Mittlerweile werden aber auch High-Tech-Instrumente eingesetzt. CHIN (PDF, siehe Lit.) arbeitete z.B. bei der Untersuchung eines TRex-Koprolithen mit Röntgen-Fluoreszenz, und auch Computer-Tomographie wird heute eingesetzt. Bei Dünnschliff-Untersuchungen bei entsprechender Vergrößerung findet man Bakterien, Sporen, Pollen-Körner, Phytolithe (fossile Pflanzenreste allgemeiner Art), Knochen-Fragmente usw.

Sehr interessant sind auch die Koprolithe räuberischer Säugetiere des Alttertiär, z.B. aus dem Oligozän (White River Group, Brule Formation) von Nordamerika, u.a. aus den White River Badlands von Nebraska. Sie sind meist spindelförmig und zeigen im/auf dem Gestein Zahn- und Knochensplinter, was die Herkunft von Carnivoren eindeutig belegt. In allen entsprechenden Wirbeltier-Lagerstätten gibt es Koprolithen, so z.B. auch im Eozän von Messel (SCHMITZ 1991, SCHMIDT & ACKERMANN 2007).

3.1.2.2 Koprolithen aus der Molasse Süddeutschlands

Koprolithen finden sich natürlich in allen Sedimenten, mehr oder weniger gut erhalten. Aus der Molasse Süddeutschlands liegen einige besonders schöne Exemplare vor, die hier näher gewürdigt werden sollen.

Gallenbach – Obere Süßwassermolasse, mittlere Serie

Das Exemplar von Gallenbach (Obere Süßwassermolasse Bayerns) wurde in einer reichen, mittelmiozänen Pflanzenlage gefunden (GREGOR & SCHMID 1983) und aufgesägt, um Dünnschliffe zu gewinnen (Taf. 6, Fig. 1-6). Hier ist als Erzeuger der Alligatoride *Diplocynodon* zu vermuten, wie meistens in der OSM Süddeutschlands.

In den Schliffen sehen wir deutlich Sandkörnchen, die das Raubtier mit seiner Beute mitverschlungen hat (siehe Kap. 4 – Devoralithe).

Als Fazies ist ein Altwasserbereich wahrscheinlich, umstanden von dichter Vegetation mit Platanen, Zürgel und im Wasser finden wir *Hemitrapa*-Wassernuß und Seerosen (*Eoeryale*).

Der Koprolith war etwa 30 mm lang und 25-30 mm breit.

Josefstobel - Obere Süßwassermolasse, untere Serie

Bei einer privaten Sammelexkursion wurde ein schön ausgebildeter Kotballen gefunden (Taf. 5, Fig. 1-3) der hier im Vergleich dargestellt wird. Im Mai 1983 war ein Profil im untermiozänen Josefstobel bei Eberhardzell (Biberach, Baden-Württemberg) aufgeschlossen, das nicht nur massenweise *Cinnamomum lanceolatum*-Blätter lieferte, sondern auch einen wurstförmigen, ca. 7x1,5 cm messenden Kotballen im Mergel. Das braun-schlierige Innere kann durch einen Schrägblick erkannt werden. Schliffe wurden nicht angefertigt. In diesen Ablagerungen wurden sehr häufig *Diplocynodon*-Reste gefunden, sodass ein Vergleich mit diesem Alligatoriden erlaubt sei. Der Kotballen ist 7 cm lang und misst 25 mm im Durchmesser

3.1.2.3 Dinosaurier-Koprolithe

3.1.2.3.1 Überblick

Die Koprolithen-Forschung ist bei der Untersuchung von Lebensweise und Habitat der Dinosaurier von großer Bedeutung, weil es keine rezenten Analogien zu diesen ausgestorbenen Tieren gibt.

Die zweifellos größten und mittlerweile am besten untersuchten Koprolithe stammen von Sauropoden (Taf. 16, Fig. 1-14, Appendix 3). Man findet sie z.B. in den terrestrischen

Schichten der Morrison-Formation (mittlerer bis oberer Oberjura), aber auch in der nordamerikanischen Kreide, in der Kreide von China, der Mongolei usw. Produzenten der Morrison-Koprolithe waren z.B. die in diesen Schichten vorkommenden Sauropoden *Camarasaurus*, *Apatosaurus*, *Brachiosaurus*, *Diplodocus*, *Haplocanthosaurus*, *Barosaurus* und *Seismosaurus*, aber auch der Ornithischier *Stegosaurus* und auch der Ornithopode *Camptosaurus*. Viele dieser teils sehr großen Koprolithe sind mineralisiert (verkieselt) und zeigen Jaspis-artige Zeichnung und Farbe.

Die Deutung dieser verkieselten teils großvolumigen Objekte als mineralisierte Sauropoden-Exkrememente basiert auf An- und Dünnschliff-Beobachtungen darin enthaltener Pflanzenreste, also unverdauter Nahrungsreste. Je nach der Intensität der Rekristallisation sind Pflanzenreste eindeutig, unklar oder zweifelhaft. Die hier vorgestellten Sauropoden-Koprolithe zeigen nicht weiter deutbare runde Strukturen, Durchmesser 0,5 bis 1 cm, und/oder dunkelbraune bis schwarze Fasern und Fetzen (0,2 – 2 mm), bei denen es sich vermutlich um nicht rekristallisierte Pflanzenfetzen handelt.

Jedoch gibt es auch große Koprolithen, die carnivoren Dinos zugeschrieben werden können. Ein Beispiel dafür ist der Fund eines 1998 von Karen CHIN publizierten 42 Zentimeter langen Koprolithen in Saskatchewan/Kanada. Darin fand man einen zerbrochenen (zerkauten?) Knochen eines Baby-Dinos. Man schreibt den Koprolithen dem großwüchsigsten Raptor der damaligen Zeit zu, dem berühmten *Tyrannosaurus rex*.

Die führende Wissenschaftlerin für die Untersuchung ganz speziell solcher Dinosaurier-Koprolithe ist Karen CHIN, University of Colorado, Boulder, Colorado/USA. Im Jahre 2008 z.B. untersuchte sie Dinosaurier-Koprolithe aus der Two Medicine Formation Wyomings (obersten Kreide; Obermaastricht; absolutes Alter ca. 77 Millionen Jahre). Entsprechend der Koprolithen-Größe (etwa entsprechend einem Basketball) und naheliegenden identifizierbaren Knochen und Eischalen von Maiasauriern (neun Meter lange bis drei Tonnen schwere Pflanzenfresser) werden sie diesen Dinos zugeordnet. Die Untersuchungen ergaben den interessanten Befund, dass die Maiasaurier auch Holz fraßen. In den Koprolithen fanden sich auch Fraßgänge von koprophagen Käfern. Zur Klassifikation und Diagenese von Koprolithen der Kreide vergleiche man z.B. SCHMITZ & BINDA (1991).

3.1.2.3.2 Dino-Dung und seine Problematik

Wolkig-kräuselige achatisierte Gebilde bis zu einem halben Meter groß, werden also als Kot bzw. Dung pflanzenfressender Dinosaurier angesehen, und sind auf den Börsen als „Dinodung“ bekannt (siehe aber Dung und Mist, Kap. 3.1.1). Das Problem bei diesen „Konkretionen“ ist, dass der Dunghaufen im Inneren Knochen zeigen kann, was eher auf Raubdinosaurier hinweist, der Begriff Dung also falsch wäre (vgl. FALK 2012: Abb. 9). Der Fund aus dem Jura von Utah (Coll. NMA) müsste eigentlich, was die Form angeht, auf einen Pflanzenfresser schließen lassen. Autor GREGOR ist auch nicht überzeugt, ob es sich wirklich um Dung handelt oder um ein anderes geologisch-paläontologisches Phänomen bisher ungeklärter Stellung – evtl. um Speiballen (Taf. 9, Fig. 3, Taf. 11, Fig. 3).

Nur eine genaue Diagnose der versteinerten Materials, des Inhaltes, der Chemie und weiterer Gegebenheiten können hier eine exakte Erklärung liefern – was aber alles nicht gemacht worden ist (vgl. aber Kap.3.1.2.3.1)!

Untersuchungen der letzten Jahre durch indische und schwedische Forscher erbrachten den Nachweis von Gras oder grasähnlichen Pflanzenresten in Dinosaurier-Koprolithen, was

einigermaßen überraschend war, weil man bis dahin annahm, dass es damals noch kein Gras gegeben habe. Andererseits lässt sich sehr einfach feststellen, dass die Gruppe der Sauergräser sicher bereits in der Kreide vorhanden war. Sumpf, Seeufer und flussbegleitende Bedingungen sind auch heute noch Kennzeichen dieser Cyperaceen, die schon im Paläozän eindeutig voll entwickelt waren. Der Ursprung der Gruppe muss also in der Kreide gewesen sein, was durch Funde von *Cyperites* oder *Cyperacites* nicht sicher zu beweisen ist, aber monocotyle Pflanzen sind sicher belegbar – also wahrscheinlich eben diese Sauergräser. Die Süßgräser, zu denen unser Weizen usw. gehören, bilden eine junge Gruppe, die sich erst im Neogen entwickelt haben dürfte.

3.1.3 Pelloide - Pellets

Hier muss noch auf ein kleines Problem der Benennung aufmerksam gemacht werden, da es Verwirrung stiften kann: DIEDRICH hat 2012 sehr schön die phosphatische Koprolithen von Hyänen untersucht und nennt sie Koprolithen-Aggregate, was aufgrund der Morphologie von Hyänenkot richtig erscheint. „Feces consist of aggregates of pellets“ schreibt der Autor auf S. 369, *ibid.*), meint also mit Koprolith auch Faeces, also rezenten Kot – in eiszeitlichen Ablagerungen durchaus gängig. Ein Koprolith s.s. besteht also aus einem Aggregat von Pellets, auch Pelloide genannt (droplets, Tropfen), die in 7 verschiedene Typen eingeteilt werden, je nach Lage im Koprolith (*ibid.* Fig. 4).

Im Gegensatz dazu werden meist allerdings nur kleine Kotbällchen als Pellets bezeichnet, vor allem bei Insekten. Hier sind schon mehrfach solche „Pellets“ (bzw. Pelloide) in Bohrgängen fossiler Hölzer beschrieben worden (vgl. SELMEIER 1984).

Die Größe von Koprolithen liegt zwischen Millimeter-Bruchteilen und rund 60 Zentimetern (Sauropoden-Koprolithe). Winzige Koprolithe von Wirbellosen sind die Pellets oder Pelloide (Kotpillen). Es sind kleine mehr oder weniger ovale bzw. langgezogen-eiförmige Pillen, die im Mikroreport mancher marinen Sedimente vorkommen. Sie sind im Unterschied zu den konzentrisch aufgebauten Ooiden homogen. Eine besondere Art der Pelloide sind die Kotpillen (*fecal pellets*), sehr kleine Koprolithe, die z.B. von Schnecken oder endobiontischen Kleinkrebsen stammen können. Ihre Größe liegt zwischen 0,5 und 2 Millimeter. Sie gehören also in den Arbeitsbereich der Mikropaläontologie. Über fazielle Aspekte hinaus haben sie keine große Aussagekraft, zumal die Erzeuger der Pelloide in der Regel nicht feststellbar sind (vgl. Kap. 3.1.3.3).

Beispiele für Pelloid-führende Sedimente sind: Mergeltone des Weißjura alpha (Oxford) von Sengenthal/Winnberg in der Oberpfalz, die klastischen Karbonate der Oberkreide (Obermaastricht; Maastricht Formation) im Steinbruch ENCI, St. Pietersberg, Maastricht/Holland, die oligozänen "Sternberger Kuchen" (Sternberger Gestein) und das sandmergelige Pliozän von Kallo bei Antwerpen/Belgien (Taf. 16, Fig. 15, 16).

Die hier gezeigten Pelloide von St. Pietersberg (Taf. 16, Fig. 17, 18) sind in einer ganz besonderen Form überliefert: Im Gegensatz zu normalen rauoberflächigen Pelloiden handelt es sich hier um hochglänzende in der Form relativ wenig beständige, aber dafür wunderschön marmorierte Objekte mit glatter Oberfläche. Sie treten häufig auf in der Fraktion 0,5 bis 1 Millimeter zusammen mit Stachelhäuter-Resten, Bryozoen, Foraminiferen und Ostrakoden. In den Fraktionen 0,2 bis 0,5 Millimeter und 1 bis 5 Millimeter sind sie nur untergeordnet vertreten. Vermutlich handelt es sich um Kotpillen kleiner endobiontischer Krebse. Pelloide in

dieser Form sind offenbar recht selten. Bei keiner der bisher von mir (Autor RICHTER) untersuchten Peloid-führenden Proben fand ich Vergleichbares.

Aus der Braunkohle vom Tgb. Hambach der RWE bei Köln sind kleine Pellets vorliegend (Coll. NECKER), die schon im Juli 1993 geborgen wurden und aus den Inden-Kohlen (Mittel-Miozän) stammen. Sie sind hier in ihrem Umriss und ihrem opaken, wohl vergeltem Inneren dargestellt (Taf. 18, Fig. 1-7). Nähere Daten dazu gibt es im Appendix 4. Die Aufnahmen wurden freundlicherweise von Prof. THEWALT vorgenommen. Diese kleinen Gebilde sind oval-eiförmig, zeigen kaum eine Oberflächenstruktur (Taf. 18, Fig. 1-6) und im Inneren nur eine opake Masse fasrig-krustig-körniger Masse (Taf. 18, Fig. 1a-c, 7)

Als Kotpillen werden auch die „Köttel“ von Hasen, Kaninchen, Eichhörnchen usw. bezeichnet, was wiederum für Verwirrung sorgt – lassen wir den Begriff „Köttel (auch Ködel, ein norddeutscher Begriff, der sich inzwischen gut eingebürgert hat)“ dafür.

Der Begriff „Peloid“ ist auch medizinisch verfügbar und bedeutet nach dem PSCHYREMBEL (1993: 1161): „Substanz terrestrischen oder pflanzlichen Ursprungs, mit Wasser gemischt zu Bädern und Packungen verwendet, Fango, Schlick“. Dies hat natürlich mit unseren geologischen Vorstellungen nichts zu tun und ist als Parallelbegriff zu verzeichnen.

Im Hinblick auf obige Problematik sieht man sehr deutlich den Bedarf für saubere Benennungen bei Körpersteinen. Hier werden nun demnach die eiszeitlichen Fäkalien als Koprolithen bezeichnet, die einzelnen Teile davon als „droplets (Tröpfchen)“. „Pellets“ (eher volkstümlicher Name) sind dagegen millimetergroße, meist strukturlose Kotballen bzw. –bällchen oder –pillen von Insekten oder Würmern (vgl. POSCHLOD in GREGOR 1981: 15, Taf. III, Fig. 9).

Peloide sind ursprünglich sedimentpetrographisch gesehen mikritische oder kryptokristalline runde, sehr kleine Körperchen (ähnlich Ooide usw.), die erst später mit „fecal pellets“ in Beziehung gesetzt wurden (Verlust der internen Struktur durch Umkristallisation, vgl. FÜCHTBAUER & RICHTER 1988).

Vor kurzem konnten sehr viele und deutlich erhaltene verkieselte, ca. 3-5 mm große Pellets in einem Baumstamm aus dem Ortenburger Schotter von Rauscheröd untersucht werden (GREGOR in Vorb.), die sicher zu Insekten gehören (Taf. 14, Fig. 1), vielleicht zu den Prachtkäfern (Buprestiden), da Grabgänge von ihnen schon mehrfach gefunden wurden (JUNG 1974: 3). Ein Problem bleibt bei den Insekten-Koprolithen, bei den sternchenförmigen Gebilden der Träg- bzw. Schwammspinner (GREGOR 1981: 14, Taf. V, Fig. 1, 2). Diese sind kaum mit den strukturlosen Pellets zu vergleichen und man sollte hier besser von Insekten-Koprolithen sprechen bzw. von Insekten (Raupen)-Peloiden.

Bei einem Besuch im indischen Fischerort Odarevu in Süd-Indien (S Madurai) wurden massenhaft angereicherte Kügelchen von ca. 3-5 mm Durchmesser am Sandstrand gefunden, Peloide von Kleinkrebsen (evtl. auch von Würmern, die wohl mit den Wattwürmern verwandt sind) (Taf. 13, Fig. 4-6). Sie werden sternförmig um den Grabgang herum ausgeschieden und bald wieder durch Wellenschlag aufgelöst. Die begleitenden großen Krebse sind möglicherweise „Pelletfresser“, wie private Studien ergaben.

Peloide sind also meist völlig strukturlose Kotpillen von Crustaceen, Insekten oder Würmern, die je nach Vorkommen und Genese interpretiert werden müssen.

Kotpillen sind im marinen Bereich bei der Diagenese im flachen Wasser, zusammen mit detritischem Biotit oder Illit, der Grund für Glaukontbildung in Tonen oder Kalken (grünes Eisensilikat).

Inwieweit die spaghettiartigen Kotschnüre (Polychaeta) von Wattwürmern hierher gehören, muss im Moment offen bleiben, sind sie doch keine echten rundlichen Peloiden, strukturmässig aber als solche zu verstehen.

Eigentlich müsste man die Peloiden (rezent) im fossilen Zustand als Peloidolithe bezeichnen, was hier aber aufgrund der sedimentpetrografischen Zuordnung bereits erledigt ist. Peloid wird also als nomen conservandum gesehen.

3.1.4 Guanolith – Guano-Phosphat

Strukturlose Ablagerungen von Guano, wie sie SCHLÜTER & KOHRING (2007: 99-103) aus Tanzania mitteilen, sind als Sonderfall von Exkrementen anzusehen, strukturlos, aber als mächtige Ablagerung von Kormorankolonien anzusehen.

Dass Guano auch von Fledermäusen gebildet wird, zeigen meterhohe Ablagerungen in der Höhle Su Coloru bei Laerru (Perfugas, Prov. Sassari) auf Sardinien (Taf. 12, Fig. 1-3). Im Haufwerk aus Chitinresten von Insekten (Taf. 12, Fig. 4, 5, 6) findet man hier und da tote Fledermäuse – dicht besiedelt ist das kotige Areal von einem bläulichen Schimmel, einem Pilzrasen (eigene Beobachtung Autor GREGOR, Taf. 12, Fig. 2). Wahrscheinlich sind die untersten Lagen des Guano bereits subfossil – Ausgrabungen darauf fehlen bisher – es würde sich dann um Guanolith handeln.

Fossiles Fledermausguano wurde u.a. aus Rumänien beschrieben (DUMITRAȘ et al. 2008).

Fossile Guano-Vorkommen könnte man also als Guanolith bezeichnen – dabei muss aber das Phosphat aus Guano-Verursachern stammen und nicht aufgrund chemisch-physikalischer Bedingungen (z.B. Manganknollen Tiefsee) gebildet worden sein. Wir können weiterhin Avi-Guanolith (von Vögeln) oder Chiropteren-Guanolith (von Fledermäusen) unterscheiden. Über sedimentäre Phosphoritvorkommen unterrichten RAO et al. 2000.

3.1.5 Skybala - Kotstein

Wie schon erwähnt, wird der Kotstein im Blinddarm gebildet und besteht aus verhärteten Phosphaten, Schleim und Kot. Er ist also ein veränderter Kot, steinartig, bis kirschgroß, und kann ausgeschieden werden. Fossil sind solche Körpersteine bisher nicht nachgewiesen. Das Skybala wird als veränderter pathologischer Kot (Faeces oder Koprom) gesehen. Bei Hasenartigen sind Würste aus kugeligen Blinddarmsteinen typisch – sie werden zwecks Mineralstoff- und Vitaminaufnahme wieder gefressen – sie sind demnach hier nicht pathologisch. Da er im Blinddarm gebildet wird, ist er kein Enterolith.

Der Kotstein wird paläontologisch und englisch fälschlich Koprolith (medizinisch) genannt (PSCHYREMBEL 1993: 822, K.stein), ist aber ein Enterolith (Kap. 3.2.1).

3.1.6 Spuerolith nom.nov. – Speiballen, Gewölle

Bei Kormoranen wird jeden Tag die Magenschleimhaut mit unverdauten Resten ausgeschieden, mit Schuppen, Gräten und Otolithen, also unverdaulichen Speiseresten von Fischen. Bei Reihern, Seglern, Störchen, Drosseln, Raben, Bienenfressern, Würgern oder Eisvögeln (und anderen Vögeln) finden wir in Speiballen Schneckenhäuser, Muscheln, Krebspanzer oder Insektenreste. Der Zweitautor konnte zahlreiche fossile Speiballen von

Fischen aus dem eozänen Ölschiefer von Eckfeld mit kleinen Steinen und Fischeschuppen sowie Insektenreste, z.B. unverdauliche Käfer-Flügeldecken beobachten.

Bei Eulen oder Greifvögeln (u.a. Vögeln) spricht man von Gewölle, meist bestehend aus Knochen, Schädelteilen, Federn und Haaren. Ein Beispiel sei hier gebracht, nämlich das zerlegte Gewölle eines Uhus vom Turm der Pfarrkirche St. Johann Baptist in Nideggen/Eifel (Leg. R. LEUNISSEN) – man sieht die Fußknochen eines Singvogels (Taf. 11, Fig. 6).

Katzen speien Haarbüschel aus (Gegensatz zum Bezoar). Diese alle kann man unter dem neuen Namen zusammenfassen.

Einige verschiedene Gewölltypen werden recht anschaulich gezeigt und erklärt bei FALKUS 1980: Aaskrähe (ibid. S. 115), Krähe mit Efeubeeren (ibid. S. 231), Saatkrähe mit Kiesgrus (ibid. S. 234) und Waldohreule mit Kieferresten (ibid. S. 235).

Fossile Speiballen bzw. Gewölle wurden von HEIZMANN & FAHLBUSCH (1983): 90 vom Steinberg im Ries, aus einer miozänen Spalte nachgewiesen. Auch aus Öhningen liegt ein solcher fossiler Rest vor (TOBIEN 1977).

3.2 Konkrement – Anhäufung, Mischung

(*concrementum* = Anhäufung, Zusammenhäufung, *concrecere*, lat. sich verdichten). Der Begriff Konkrement kommt als medizinischer Fachausdruck zum Tragen, der sich durch Ablagerungen in Form einer festen Masse beim Zurückbleiben vorher gelöster Stoffe in einem Hohlorgan oder in einer Körperflüssigkeit bilden. Es dürfte sich um denselben Ausdruck handeln, wie ihn SCHMIDT & ACKERMANN (2007: 67) als „Inkrement“ verwenden. Inkrement ist aber ein Ausdruck aus der Mathematik und Informatik und sollte hier nicht gebraucht werden. Konkremente können steinartig sein, wachsförmig oder im Anfangsstadium flüssig – der Ausbildung sind keine Grenzen gesetzt.

3.2.1 Enterolith - Darmstein

Als Ambra (Amber) bezeichnet man eine graue, wachsartige Substanz bei der Nahrungsaufnahme aus dem Verdauungstrakt von Pottwalen. Hornige Kiefer von Tintenfischen und Kraken werden in das Ambra eingebettet, wobei hier möglicherweise eine pathologische Erklärung heranzuziehen ist (Stoffwechselerkrankung, antibiotischer Wundverschluß bei Darmverletzungen). Frisches Ambra wird im Darm der Wale gefunden (manchmal bis zu 300 kg), beim Erbrechen ins Meer (dann als Exkrement) als treibende Klumpen, deren übler Geruch erst beim Freiwerden aus dem Darm (Erbrechen, Freiwerden der Kotsteine durch Tod) und im Kontakt zu Meerwasser im Laufe der Zeit aromatisch wird. Fossil ist Ambra bisher nicht nachgewiesen.

Das folgende Kapitel beschäftigt sich ebenfalls mit Enterolithen, die aber fossil sind und nicht durch Erbrechen freiwerden, sondern durch Verwesung.

3.2.2 Cololith – fossiler Darmstein

3.2.2.1 Geschichtliche Einführung

Koprolithe sind Wissenschaftlern und Fossiliensammlern durchaus vertraut. Es sind mineralisierte (versteinerte) Exkremente von Tieren, in der Regel von Wirbeltieren. Man kennt solche Koprolithen aus verschiedensten Schichten. Die bekanntesten sind die berühmten nordamerikanischen Sauropoden-Koprolithe aus dem Oberjura, umgewandelt in Karneol mit Achatisierungen - vor allem im Anschliff prachtvoll anzusehen (Taf. 9, Fig. 3).

Die Bezeichnung „Koprolith“ geht zurück auf den englischen Paläontologen „The very Reverend William BUCKLAND“ (1829).

Aber bereits nahezu gleichzeitig taucht in der alten Literatur ein Begriff auf, der ähnlich lautet – „Cololith“ - und auch das gleiche Material bezeichnet, allerdings mit einem Unterschied: Koprolithe sind Fossilisationen von ausgeschiedenen Exkrementen, Cololithe aber sind – dem heutigen Sprachgebrauch nach – fossil gewordene Darmausgüsse von Wirbeltieren. Im Klartext: Cololithen sind in situ im Darm mineralisierte Exkremente, mit einer dem Lagerungsort angepassten Form, die sie deutlich von Koprolithen unterscheidet.

Wir blättern ein wenig in Band 3 von Carl-Caesar von LEONHARDS „Geologie oder Naturgeschichte der Erde auf allgemein fassliche Weise“ (1840) und lesen im Kapitel „Lithographischer Stein“ (= Solnhofener Plattenkalk): „Zu den seltsamsten Resten solcher Thiere gehören die Cololithen, versteinerte Eingeweide, Därme fossiler Fische. Früher galten diese gekrümmten, gewundenen, oft mannigfaltig verschlungenen, Röhren-ähnliche Gestalten für versteinerte Würmer, sogenannte Vermiculiten (aus Kalzit bzw. sekundär ummineralisiert). Agassiz hat deren wahre Beschaffenheit dargethan; er fand die Cololithen, welche gewöhnlich frei auf dem lithographischen Stein getroffen werden, unter anderem auch zwischen den Rippen mehrerer Fisch-Arten.“ Nun, die Därme von Fischen sind es nicht eigentlich, aber die Alten waren nahe bei der Wahrheit. Wir schauen in ein weiteres altes Werk, nämlich PIERER's Universal-Lexikon, Band 4, Altenburg 1858. Auf Seite 268 lesen wir: „Cololithen (Petref.), die früher als Lumbricaria (Taf. 13, Fig. 1) beschriebenen Därme von der Fischgattung *Thrissops*, häufig im lithographischen Schiefer Südbaierns.“

Cololithen gibt es zwar auch weltweit, in Sedimenten ab dem Oberperm (z.B. Rhät-Bonebed, Trias, Deutschland), aber es gibt nur wenige produktive Lagerstätten, die dem Sammler zugänglich sind und nur selten entsprechendes Fossilmaterial im Angebot der Händler.

Eine berühmte miozäne (Wilkes Formation) Lagerstätte („Salmon Creek sites“) liegt südlich von Toledo in Lewis County, Bundesstaat Washington/USA. Die dortigen Cololithen sind in Siderit umgewandelt, haben meist eine dünne limonitische Rinde und sind von bizarrer und typischer Form. Sie werden weit gehandelt. Ein höchst bizarres Angebot bei einer Online-Auktion war ein Lot mit fünf zugegebenermaßen außergewöhnlich schönen Cololithen („Collection of colored coprolite“), jedoch - nicht erschrecken - der Startpreis lag bei 1200 US \$ (aber auch Einzelstücke werden erstaunlich hoch gehandelt – man muss für schöne Exemplare bis etwa 10 Zentimeter Länge schon mal 50 bis 90 US \$ anlegen). Die Zuordnung zu Verursachern reicht von „Schildkröte“ bis „Biber“.

3.2.2.2 Cololithen - Darmausgüsse

Adolf SEILACHER [„Dolf Seilacher (the pre-eminent living paleontologist on Earth)“; J. St. John, nach 2001], ein bekannter, früher an der Universität Tübingen tätiger Paläontologe, besuchte 1998 eine Mineralienbörse in Stamford, Connecticut. Er entdeckte dort Salmon-Creek-„Coprolites“, erkannte Form-Verwandtschaft zu einem oberpermischen Fossil in der Pekinger Universitäts-Sammlung und machte sich Gedanken über die für Koprolithen sehr ungewöhnliche Form. Es folgte eine Publikation mit dem eindeutigen Nachweis der Cololithen-Natur dieser Fossilien: SEILACHER et al. 2001).

Die Autoren deuten die Fossilien nicht als ausgeschiedene Exkremente, sondern als vordiagenetisch durch Bakterienaktivität zersetzte und zeitnah in Siderit umgewandelte Darmausgüsse („prä-fossilisiert“). Durch die Umwandlung wurde das Material homogenisiert und

erkennbare Fraßreste sind nicht mehr vorhanden. Zwar findet man auf den Flussbänken der Lokalitäten zusammen mit den Cololithen Mineralien wie Jaspis und Achat, aber keinerlei weitere Fossilreste wie Knochen oder Zähne. Die Autoren versuchen eine Erklärung, dass die phosphatisierten Knochen und die Zähne durch die Transport-Belastung zerrieben worden seien und deshalb verschwunden seien, dass die sideritischen Cololithen dies aber problemlos überstanden hätten.

Dies ist nun eher unwahrscheinlich: Die Cololithen zeigen keinerlei Transport-Belastungen, die empfindlichen Spitzen sind oft wohlerhalten; Abroll-Erscheinungen fehlen. Vermutlich ist das Fehlen von Skelettteilen und Zähnen eher auf chemische spät- oder postdiagenetische Abläufe zurück zu führen, die zur Auflösung dieser Hartteile führten, das Siderit aber nicht angreifen konnten.

Eine von SPENCER vorgeschlagene Deutung dieser Bildungen (2008) versucht eine Entstehung über dem Weg der Pressung des plastischen Siltes in Hohlräumen und durch Astlöcher und die nachfolgende Mineralisation als Siderit. Damit will er die von normalen mineralischen Bildungen durchaus abweichenden Formen erklären.

SEILACHER erkannte schon früh, nämlich bei einem Besuch der „Petrefakta“ im Jahr 1999, dass die dort aus diffus beschriebenen Lokalitäten Madagaskars angebotenen „Koprolithen“ ebenfalls Cololithen sind. Sie sind ähnlich den nordamerikanischen Funden in Siderit erhalten und die Form ist durchaus vergleichbar bei etwas schlankerem Bau. Das Alter dieser Cololithen wird von SEILACHER mit „Oberkreide“ angegeben; sie stammen „angeblich von einem Küstenaufschluss“. Dem Drittautor RICHTER wurde seinerzeit als Fundort von einem zuverlässigen madagassischen (madegassischen) Händler die „Region Farafangana“ genannt; Fundorte zur Fundschicht fehlten vollkommen.

Nun erscheint mir Oberkreide eher unwahrscheinlich. Es gibt offenbar an der Lokalität relativ viele der Cololithen – nachvollziehbar, wenn man die Kisten mancher Händler auf den großen Börsen betrachtet: Hier liegen manchmal Dutzende von Exemplaren. Die Größe und die Form verweisen auf Säugetier-Produzenten und Säugetiere dieser Größe gab es in der Oberkreide noch nicht. Dinosaurier als Verursacher scheiden von der Form her eher aus, weshalb Alttertiär wahrscheinlicher ist als Oberkreide.

Die Natur der Cololithen als fossilisierte Kotstränge ist gut nachvollziehbar: Der Kot wird im Dickdarm durch peristaltische Muskelbewegungen weiter befördert, und zwar in darmfüllenden miteinander durch kürzere dünne Stränge verbundenen Partien. Hier brechen die Stücke bei Auswitterung/Freilegung ab. Immerhin – wenn wir uns vorstellen, dass die Darmfüllung aus mehreren 10-Zentimeter-Stücken bestand, dann kommen wir schon auf eine ganz ordentliche Größe des Verursachers. Bei guter Erhaltung sind auf der Oberfläche die Abdrücke der Darmfalten erkennbar, was allerdings bei den Madagaskar-Cololithen eher selten ist (vgl. zu allem Taf. 15, Fig. 10, 11).

3.2.2.3 Cololithen - Problematik

Die Frage stellt sich, ob es sich bei den Verursachern um Herbivoren (Pflanzenfresser) oder Carnivoren (Fleischfresser) handelt – vermutlich aufgrund der Form um Erstere.

SEILACHER hat (2003: 232) darauf hingewiesen, dass bisher aus dem europäischen Tertiär (bzw. der Kreide) keine Cololithen bekannt wurden. Ein einzelnes Exemplar eines äquivalenten „Darmkotes“ wurde nun auf einer Exkursion im Tagebau Hambach von Oskar OSCHKINIS gefunden und dem Autor GREGOR übergeben. Es handelt sich somit um eine

echte Rarität im Tertiär des Tagebaues Hambach in der niederrheinischen Braunkohle – fast ein Erstfund (Taf. 7, Fig. 6). Im Rupel von Wanzeberg (Mecklenburg) wurden nämlich auch schon pyritisierte Cololithen gefunden (ZESSIN 2010).

Auf den Börsen finden sich zur Zeit aus dem Alt-Tertiär von Madagaskar (Farafangana) gewundene pyritisiert-limonitisiert-sideritisierte Körper, die als etwa 8 cm lange Darmausfüllungen zu interpretieren sind (s.o.). Diese bizarren, z.T. gewundenen Formen haben eine netzartig aufgeplatze Oberfläche und sind unmittelbar mit dem Exemplar aus Hambach zu vergleichen. Im Querschnitt sieht man nur eine einheitliche braune Masse, den Siderit (Taf. 9, Fig. 4). Im Schliff lassen sich keine erkennbaren Reste von verdauten Tieren oder Pflanzen mehr beobachten (Taf. 11, Fig. 2). Oftmals sind die Reste mit Humboldtlin überzogen, ein Eisensalz der Oxalsäure, es sind also organische Kristalle im Verbund.

Die Exemplare von Madagaskar sollen aus einer Hochwasserablagerung stammen, außerhalb eines Flussbettes und daher wird die Sideritbildung auf der Oberfläche des Cololithen erklärt, während der Körper selbst aus Phosphat besteht. In Hambach haben wir sehr häufig auch auf fossilen Hölzern Sideritbildung, was ebenfalls durch „Trockenfallen“ von sonst vernässten Standorten erklärt wird (vgl. zu allem Taf. 15, Fig. 1-9).

3.2.3 Gastrolith sensu stricto – im Magen gebildeter Stein

Ein riesiger, aus Kalziumkarbonat bestehender Magenstein aus einem Pferdemen kann im Naturhistorischen Museum der Akademie Dillingen besichtigt werden (Taf. 1, Fig. 1, Taf. 2, Fig. 1). Der Durchmesser des Ungetüms liegt bei etwa 19,8 cm, das Gewicht bei unglaublichen 6960 g, also fast 7 kg. Die Kugel zeigt konzentrisch gewachsene Sphären, die z.T. erodiert wurden und innere Teile freilegen. In unserem Falle hat ein Müllerpferd zu viel Kleie bekommen, welche viele Magnesium- und Kalzium-Salze beinhaltet. Diese werden in Form dieser konzentrisch-schaligen Gebilde ausgefällt. Der beiliegende Zettel bringt alle Daten zum Fund (Taf. 4, Fig. 1). Solche meist bei Pferden auftretenden Konkretionen werden auch Hippolithen genannt (TRATZ 1976).

Ein kleinerer Stein mit 300 g Gewicht und den Abmessungen 61x65x75 mm liegt ebenfalls dort im Museum, wiederum aufgebaut aus konzentrischen Schalen (Taf. 2, Fig. 2).

Bekannt ist das Vorkommen von großen Hippolithen mit Gewichten von 770 und 1840 g von einem 20-jährigen Wallach im Jahr 1943 – sie befinden sich im Haus der Natur in Salzburg (Kurzmitt. TRATZ, 1976: 64). Auch in der Zoologischen Staatssammlung München ist ein großer „Hippolith“ in der Sammlung zu finden, mit einem Gewicht von 16,550 kg und einem Durchmesser von 25,5 x 27,0 cm (Taf. 2, Fig. 6). Hippolithen bestehen aus Ammonium-Magnesiumphosphat oder Calciumcarbonat.

3.2.4 Bezoar - Haarstein oder Faserstein

Bezoare sind Bälle vor allem aus verschluckten unverdaulichen Haaren in den Mägen von Rindern, Katzen und Greifvögeln. Sind anstelle von Haaren unverdauliche pflanzliche Fasern der Grund für eine Kugelbildung, nennt man das Ergebnis Phytobezoar.

Da Bezoare nun in den kleinen Divertikeln der Darmwand (?) gebildet werden, ist es eigentlich falsch, hier von Gastrolithen zu sprechen – Bezoare wären demnach Enterolithe wie das Ambra z.B. Allerdings sind die Magendivertikel oft darmnahe und so ist der Begriff Gastrolith durchaus gerechtfertigt. Da sich hier zwei verschiedene Interpretationsmöglichkeiten bieten, ist die Sache erst noch zu klären.

Drei Bezoare sind in der Sammlung des Naturhistorischen Museums in Dillingen zu finden. Der beiliegende Zettel nennt leider keinen Fundort oder nähere Daten (Taf. 3, Fig. 1). Ein aufgebrochenes Exemplar zeigt eindeutig dicht gewebte Haare und -büschel als Inhalt der mit einer ledrigen Haut überzogenen Kugel (Taf. 3, Fig. 2).

Patho-Gastrolithen kommen auch vor bei Maulwurf, Wildziege (Bezoare), Gemsen (Gamskugeln im Weidsack = Pansen) oder Dromedaren (Wikipedia).

Der Begriff Bezoar soll hier als allbekannt erhalten bleiben, ist also als „nomen conservandum“ zu betrachten.

3.2.5 Statolith, Statoconia – Gleichgewichtsstein

Statolithen sind sowohl in Pflanzen als auch in Tieren vorhanden und zeigen Schwerkraftverhältnisse an. Tierische Statolithen findet man bei „Medusen, Turbellarien, Mollusken (Cephalopoden), Holothurien, Arthropoden und Wirbeltieren vor“ (vgl. LEHMANN 2010: 359). Bei wirbellosen Tieren finden sich die Statolithen in der „Statozyste, dem Gleichgewichtsorgan und reizen bei Bewegung die Sinneshärchen darin. Das ganze dient der räumlichen Orientierung“ (Wikipedia: Statozysten).

In Wurzeln handelt es sich um Amyloblasten in Statocysten, speziell in der Wurzelhaube. Sie helfen der Pflanze, ihre Wurzeln in Richtung Erdmittelpunkt wachsen zu lassen. Man sollte hier von Statoconia reden! – im Gegensatz zum Folgenden:

Bei Säugetieren dienen Statolithen (aber eben nicht Statoconia) ebenfalls für Schwerkraft- (statisch), aber auch für Beschleunigungs-Vorgänge (dynamisch) (vgl. LEHMANN 2010).

Statolithen bestehen im Labyrinth des Innenohrs aus sogenanntem Gehörsand, also körperinternen Kristallen (Calcit). Es ist in einer gelartigen Matrix eingelagert, in der sich Relativbewegungen abspielen, die Reize zur räumlichen Lage aussenden (Schwerkraft, Beschleunigung) und so die Körperhaltung regulieren (vgl. Kap. 3.2.5, 3.2.6). Die Statolithen z.B. von Krokodilen sind als Fremdgesteine aufgenommen und werden in Kap. 4.5 bei Devoralithen besprochen. Besondere Formen bzw. die bekanntesten der Statolithen sind Otolithen, die sich besonders bei modernen Knochenfischen finden (ibid. S. 360).

3.2.6 Otolith – Gehörstein

Otolithen sind speziell im Hörorgan von höheren Fischen für den Hörsinn relevant. Die je drei Otolithen auf jeder Seite eines Fisches bestehen aus Aragonit oder Vaterit mit einem fibrösen Proteinanteil (Otolin) und sind somit kein Teil des Skeletts (LEHMANN 2010: 359). Sie wachsen in Form einer Zwiebelschalenstruktur, ähnlich wie bei Hippolithen – sind also körpereigen gebildet.

Otolithen sind also spezielle Statolithen. Otolithen sind sehr aussagekräftige Steine, da sie durch rezente Zuweisungen bedingt, Aussagen über Meerestiefe, Temperatur etc. gestatten (NOLF 1985, viele Abb. siehe bei LEHMANN 2010).

Das Problem bei Otolithen besteht aus einer medizinisch-anatomischen Definition, den Menschen betreffend. Otolithen, auch Statolithen genannt (Syn. Statoconia), sind „Gleichgewichtssteinchen, auch Gehörsand genannt (PSCHYREMBEL 1993: 1127, 1456). Es handelt sich um prismatische Kristalle aus Kalziumkarbonat, die in die Statolithenmembran des Vestibularapparates (Gleichgewichtsorgan) eingebettet sind und durch ihre Trägheit bei Bewegungen die Zilien der Sinneszellen verschieben (ibid. 1456). In dieser Hinsicht ist der Name Otolith als falsch anzusehen.

3.2.7 Magnetolith nom.nov. - Magnetstein

Dass in Vogelschnäbeln, in der oberen Schnabelhaut, nanometergroße Magnetitkristalle vorkommen, die dem Tier eine magnetische Information zukommen lässt, ist schon länger bei Brieftauben bekannt. Vor allem bei Meeresschildkröten und Forellen (Zellen in der Riechschleimhaut) ist das Phänomen Magnetorientierung näher bekannt, aber auch bei Krebsen und Rehen, Hirschen und Kühen. Über die Form der Körner ist den Autoren noch nichts bekannt, nur, dass sie an oder in Neuronen sitzen. Man könnte diesen kleinen Körperchen auch Magnetolithe nennen, da sie z.T. aus Magnetit bestehen, z.T. aus oxidierten Eisenmineralien (FeO, Fe₃O₄), dazu muss aber erst ein Beweis vorliegen.

Neuerdings wird aber ein Teil des Sehzentrums im Hirn der Vögel dafür verantwortlich gemacht (Cluster N., vgl. HEYERS et al. 2007) – die Theorie der Magnetitkristalle ist schon wieder hinfällig. Neue Untersuchungen müssen hier abgewartet werden.

Da das Mineral Magnetit bereits existiert, wäre der Begriff Magnetolith fast zu viel des Guten – außer es handelt sich um eine Mischung diverser Eisenminerale.

3.2.8 Ophthalmolith nom.nov. - Augenstein

Cryptochrome (griechisch kryptós, „verborgen“ und chróma, „Farbe“) sind lichtsensorische Flavoproteine, die in der Retina von Vögeln vorkommen, aber auch in Pflanzen. Sie sind verantwortlich für die Tagesrhythmik bei Tieren und Pflanzen, und auch für die Magnetorezeption. Bei Gartengrasmücken wurde die Hypothese erhärtet, dass das Cryptochrom magnetische Informationen des Erdmagnetfeldes in visuelle Reize umsetzt, die wiederum die Richtung vorgeben. Da diese Körper im Auge vorkommen, wäre der Ausdruck Ophthalmolith gerechtfertigt (vgl. Wikipedia).

3.2.9 Kutikulosom - Haarzellenkügelchen

Das Problem wurde vor kurzem durch eine Untersuchung von Prof. David KEAYS vom Forschungsinstitut für molekulare Pathologie verschärft (Artikel in der SZ vom Samstag, 27.4.2013), der eisenreiche Kügelchen in den sog. Haarzellen des Innenohrs gefunden hat und diese für den Magnetsinn der Vögel verantwortlich macht (Current Biology, online). Die Haarzellen dienen dem Gehörsinn, aber auch dem Gleichgewicht. Diese als Kutikulosomen bezeichneten eisenhaltigen Kügelchen könnten aber auch nur einfach zur Speicherung von Eisen dienen. Diese wissenschaftlichen Probleme werden hier nur kurz vorgestellt, ohne weiter darauf einzugehen (vgl. Wikipedia).

3.2.10 Tartarolith nom. nov. – Zahnstein, Tartar

Mineralische Umkrustungen auf Zähnen (Calciumphosphat aus dem Speichel), meist im Bereich des Unterkiefers, sind auf Speichelfluss mit Ausfällung von anorganischen Stoffen aus dem Speichel in die Plaque (Biofilm auf den Zähnen lagert Kalkkrusten entlang des Zahnfleisches an) zurückzuführen (PSCHYREMBEL 1993: 1683). Oft findet man im REM noch verkalkte Spirillen oder ähnliche Bakterien darin eingeschlossen. Im Oberkiefer kommt Zahnstein seltener vor, da der Speichel nach unten fließt, allerdings gibt es bei bestimmten Nasenscheidewandverbiegungen auch stark verkalkten Oberkiefer-Zahnstein.

Auch bei pflanzenfressenden Tieren kann man hie und da solche Dentalithen beobachten. Sie bestehen aus Apatit (Fluorapatit Ca₅[F/(PO₄)₃], Hydroxylapatit Ca₅[OH/(PO₄)₃]), Brushit

($\text{Ca}[\text{PO}_3(\text{OH})\cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, Whitlockit ($\text{Ca}_9(\text{Mg}, \text{Fe}^{\text{II}})[\text{PO}_3(\text{OH})/(\text{PO}_4)_6]$), Proteinen und Kohlenhydraten.

Fossil ist Tartarolith durchaus vor allem bei Säugetieren (Mastodonten, Rhinocerotiden, Cerviden) zu finden – viele Kiefer zeigen einen Anflug von Zahnstein bis hin zu stärkeren Beeinflussungen bzw. Wucherungen.

Etymologisch sollte man nicht die „Tartaren“ (fälschlich vom griech. Tartaros: aus der Hölle kommend), also die gefürchteten Tataren (Mongolen) hier verwechseln.

3.2.11 Horreolith nom.nov. – Speicherstein

3.2.11.1 Crusta-Horreolith nom.nov. – Krebs-Speicherstein

Eine Besonderheit sind im Inneren von Krebstieren gebildete kalkige Mineralkrusten, so genannte „Krebsaugen“, die als Zwischenspeicher für die bei der Häutung benötigten Mineralstoffe dienen – sie kann man eigentlich nicht als Patho-Gastrolithe bezeichnen, da sie eben nicht pathologisch sind, sondern einem Speicherzweck dienen, daher wird ein neuer Name vorgeschlagen: Horreolith (von lat. horreum=Speicher). In diesem Falle wären es rezente Crusta-Horreolithe (von Crustaceen und Horreolith, siehe unten bei Avi-Horreolithe).

Die linsenförmigen bis unregelmäßig linsengroßen, schüsselförmigen Krebsaugen (Größe 4-10 mm Durchmesser) werden nach der Häutung ausgeworfen und sammeln sich in Behältern, wo Krebs gefangen gehalten werden, in Massen an (vgl. MEININGHAUS, 2000: 1366/7).

Die früher auch „Lapides cancrorum“ genannten Gebilde (Kalkkonkremente) mit „Füllung“ bestehen aus kohlen- und phosphorsaurem Kalk, Gallerte und phosphorsaurer Magnesia, Chlornatrium u.a. organischen Stoffen (Eiweiß). Im Naturhistorischen Museum in Dillingen fand sich eine ganze Schachtel mit „Lapides cancrorum“, die hier gezeigt werden (Taf. 4, Fig. 2-4). Früher hat man Krebsaugen in Apotheken geführt, weil dieses „Volksmittel“ Fremdkörper im Auge „entfernt“, gegen Magensäure und Sodbrennen hilft und für die Zahnpflege verwendet wird (Taf. 4, Fig. 3, 4).

3.2.11.2 Avi-Horreolith nom.nov. – Vogel-Speicherstein

Inwieweit die vor kurzem beschriebenen medullären Knochen bei fossilen Vögeln (*Confuciusornis*, China) in weiblichen Röhrenknochen ebenfalls als Kalziumspeicher und bei der Produktion der kalziumreichen Eierschalen dienen, muss im Moment dahingestellt bleiben, bis nähere Daten dazu vorliegen. Andererseits liegen genügend Resultate vor, um diese medullären Knochen als Avi-Horreolithe zu bezeichnen und sie als neue Somatite anzusehen. Über medulläre Knochen sehe man nach bei NICKEL et al. (2004: 51).

3.2.12 Cholelith – Gallenstein

Gallensteine werden in der Gallenblase oder in den Gallenwegen gebildet. Wir unterscheiden des Weiteren Pigmentsteine (braune und schwarze), Cholesterinsteine und Gemischte Steine.

Pigmentsteine: Bilirubin als Ausscheidungsprodukt

Cholesterinsteine: mit glatter Oberfläche und kristalliner Struktur

Gemischte Steine: höckerige Oberfläche

Die Gründe für die Bildung von Gallensteinen sind pathologischer Natur (Taf. 7, Fig. 5). Fossil bisher nicht bekannt.

3.2.13 Urolith – Harnstein, Blasenstein

Harnsteine entstehen in der Harnblase oder den Harnleitern, wo Mineralsalze ausgefällt werden (normal im Urin), wie Kalziumcarbonat, Kalziumphosphat und Kalziumoxalat. Bei Hunden ist das Phänomen häufig, aber auch beim Menschen, bedingt z.T. durch Nahrungsaufnahme oder Prostatavergrößerung.

Einen sehr großen, ovalen Blasenstein findet man in der Sammlung des Naturhistorischen Museums in Dillingen (Taf. 2, Fig. 4). Der beiliegende Zettel bei zwei kleineren Urolithen nennt einen Herrn Joseph Sauer aus Steinheim (wohl heutige Ortschaft Steinheim bei Dillingen) von 1844 – damals war er 23 Jahre alt (Taf. 2, Fig. 3).

Blasensteine sind konzentrisch aufgebaut und zeigen deutliches Profil beim Aufbrechen (Taf. 3, Fig. 2).

3.2.14 Nephrolith – Nierenstein und Ureterstein

Hier haben wir Harnsteine in Nierengängen oder der Niere (ein Konkrement), auch Uretersteine genannt, wenn sie von der Niere in den Harnleiter wandern (Harnleiterstein).

Die Zusammensetzung der Nierensteine ist sehr vielfältig: Kalziumsalze (-oxalat, -urat, phosphat=Brushit, Harnsäure, Struvit (Magnesiumammoniumphosphat), Kalziumphosphat, Cystin (milchglasartige Aminosäurekonkretion), Xanthin (coffeinverwandter kristalliner Feststoff).

Gallen-, Harn- und Nieren-Steine (medizinische Begriffe) sind typisch für Menschen und verursachen meist heftige Schmerzen bei den jeweiligen Organen. Fossil sind sie bisher nicht nachgewiesen, wenn auch bei archäologischen Befunden manchmal solches auftaucht.

Einen extremen Fall stellt die Nephrolithiasis (Nierensteinkrankheit) dar, bei der der Nierenbeckenausgußstein (Kelchstein, Korallenstein) sehr groß wird und zu Komplikationen führen kann (PSCHYREMBEL 1993: Nephrolithiasis)

3.2.15 Psammom = Sandstein

Der Name kommt vom griechischen Wort Psammos=Sand. Die Sandgeschwulst stellt sandartige Verkalkungen dar, die innerhalb eines Tumors liegen. Es handelt sich um gutartige Hirn- und Rückenmarkstumore mit den genannten Körnern. Die Entstehung der Körnchen ist umstritten, wird aber z.T. durch die schichtweise Umhüllung (Inkrustation) nekrotischer Tumorzellen durch Kalziumsalze erklärt.

3.2.16 Sialolith (Ptyalolith) - Speichelstein

Der Speichelstein stellt ein aus phosphor- oder kohlenausem Kalk gebildetes Konkrement dar. Im Inneren findet man als Kern oft Fremdkörper (z.B. Granne), die Größe geht von Stecknadelkopf bis Pfirsichkerngröße. Die Bildung betrifft die Region in einem der Ausführungsgänge der Speicheldrüsen und führt zu Drüsenschwellung oder – entzündung bei Ohrspeichel-, Unterkieferspeichel- oder Unterzungenspeicheldrüse. Kein fossiler Nachweis!

3.2.17 Vaginolith = Scheidenstein

Die bis mehrere cm großen Steine können zwei Ursachen haben: entweder primär durch Urinstau in der Vagina (häufig), oder sekundär durch Kristallisation von Urinbestandteilen um einen Fremdkörper in der Vagina (selten). Auch bei Beschneidung weiblicher Genitalien können Vaginolithen entstehen, sind fossil bisher nicht bekannt.

3.2.18 Penilith = Penisstein

In der Schlauchtasche von Hengsten oder Wallachen kommt es hie und da zu einer schwarz-gräulichen teerähnlichen Smegma-Anhäufung (mit Urin dabei), wenn sie nicht ausschachten. Die „Steine“ können groß werden, führen zu Entzündungen und sollten regelmäßig entfernt werden. Keine fossilen Nachweise.

3.2.19 Spermaceti - Walrat

Als flüssige Erscheinung kann das (auch der) Walrat oder Spermaceti angesehen werden. Es handelt sich um fett- und wachshaltige flüssige Substanzen aus dem Kopf des Pottwals – über dem Kieferknochen. Wie man heute vermutet, dient es der Echoortung, stellt also eine Art optisches Instrument dar.

Walrat wurde früher zur Herstellung von Kerzen verwendet und ist nicht mit Ambra zu verwechseln. Bei Abkühlung geht die Flüssigkeit in eine wachsartige weißliche Masse über, die aber fossil bisher nicht in Erscheinung getreten ist. Erst als hartgewordenes Objekt ist es als Körperstein anzuerkennen, auch wenn es wie bei Ambra relativ weich erscheint. Im Naturhistorischen Museum in Dillingen fand sich eine Flasche mit der Beschriftung „Walrat“ und einigen wachsartigen Stücken darin (Taf. 13, Fig. 2).

3.2.20 Lumbriculith nom. nov. – Regenwurm-Kalkkonkrement

Überall in Sedimenten finden wir Lumbriciden-Kalkkugeln, sog. Kalk-Konkremente, deren Größe etwa 0,7-0,9 mm beträgt. Sie werden in verschiedenen Kalkdrüsen im Magen-Darmbereich des Regenwurms gebildet, sind einmal amorph und des weiteren kristallin (doppelbrechend), was sowohl für Aragonit als auch Kalzit gilt. Die Funktion betrifft sowohl eine effektive Zerreibung der Nahrung, als auch die Entsorgung von CO₂ aus dem Blut, was nicht durch die Hautatmung abgegeben werden kann (hoher Kohlendioxidgehalt des Bodens), durch Bildung von Kalziumkarbonat (hier bis zu 97%). Diese harten Körner liegen im Enddarm und werden dann ausgeschieden. Besonders in Lössböden findet man nun z.T. massenhaft angereicherte Kalkkonkremente (Taf. 11, Fig. 2, 3), die man als fossile Lumbriculithe bezeichnen sollte. da sie eben isoliert im Sediment, z.B. in Bobingen, vorkommen und oftmals quartären Alters sind (GREGOR et al. 2012: 25).

3.2.21 Gypsobelum - Liebespfeil

Bei Schnecken finden wir lanzen- bzw. pfeilförmige Gebilde, die bei der Begattung eingesetzt werden. Sie sind bis 30 mm lang, bestehen aus Kalziumkarbonat, Chitin oder Knorpel. Liebespfeile können andere Schnecken verletzen und dienen wohl bei der Begattung dazu, die Spermien entweder zu stimulieren oder der Verdauung zu überlassen. Sie sind kein notwendiger Bestandteil bei der Begattung, finden sich besonders bei Landschnecken (Weinbergschnecke) im Laufe des Vorgangs. Fossil nicht bekannt, würde aber dann Gypsobelit heißen.

3.2.22 Uniolith nom.nov. – Perlstein, Perle

Perlen sind durch Verunreinigungen verursachte Missbildungen in der Perlmutterchale von Muscheln, speziell Austern oder Flußperlmuscheln (SCHOEFFEL PEARL CULTURE 1996). Der lateinische Begriff für die Perle, „Unio“, darf nicht verwechselt werden mit dem Namen der rezenten Süßwasser-Muschel *Unio* mit mehreren Arten.

Erst der Mensch hat diesen Perlen bzw. „Körpersteinen“ einen Wert zugeordnet. Es handelt sich in Wirklichkeit um den Versuch, eine kleine Verletzung zu verheilen und so reagiert das Perlmutter mit einer kallösen Wucherung, die u.U. sehr groß werden kann (wenige mm bis 15 cm). Da es nur sehr wenige Perlen gibt, die fossil sind, so seien sie hier Uniolithen genannt, also „Perlsteine“. Sie sehen nach Jahrtausenden auch wirklich so aus, wie man sich bei den Funden aus Austern der Schwäbischen Alb vergewissern kann (RÜHL 1896). Perlen sind also auch akzessorisch und finden sich vor allem bei der rezenten Flußperlmuschel *Margaritifera margaritifera* (REGER 1981, BAER 1995, Ausstellung im Naturhistorischen Museum der Akademie Dillingen), aber auch in fossilen Austern vom Teiritzberg in Österreich (HARZHAUSER et al. 2012: 38).

3.2.23 Exostolith nom. nov. – Knochenwucherung

Bei der erblichen Krankheit Ekchondrosis ossificans kommt es zu Knorpelwucherungen, die später verknöchern. Vor allem an den Langknochen findet man solche Exostosen, z.B. auch beim berühmten „*Pithecanthropus*“ (Homo erectus) von Java (PROBST 1992), hier allerdings als Auflage am Knochen, vermutlich nach einem Sturz und Verletzung der Knochenhaut. Die zusätzlichen Knochen liegen entweder frei nahe einem Knochen oder aufliegend. Es handelt sich um eine pathologische Ausprägung. FRANZEN et al. (2012) beschrieben detailliert die auf eine Handgelenkverletzung zurückgehende und offensichtlich tödlich verlaufene Knochenwucherung des fossilen Affen „Ida“ aus den eozänen Ölschiefern von Messel.

Eine Exostose ist nicht mit dem Ganglion, dem „Überbein“ zu verwechseln (PSCHYREMBEL 1993: 510, 511), bei dem sich eine Geschwulst im Bereich einer Gelenkkapsel bildet – und nicht verknöchert. Allerdings bildet sich bei Verletzung des Vorderfußes beim Pferd oft eine wirkliche Knochenwucherung, die aber am Knochen aufliegt.

4 Devoralith nom. nov. – „Fressstein“, Schlingstein

4.1 Allgemeines

Der Name soll „Verschlungenes“, also mit der Nahrung aufgenommene Objekte (meist Steine) bedeuten (lat. devorare = verschlingen).

Die bisher als Gastrolithe bezeichneten Objekte sind z.T. hier einzuordnen – sie sind keine Konkremente, sondern bestehen aus Fremdmaterial wie Kieselsteinen (Quarzit, Granit, Sandstein usw.). Devoralith = Magenstein, in situ gefunden; noch funktionslos.

Devoralithe sind also im Körper liegende, aber fremd aufgenommene Steine, meist im Magen von Organismen, früher Bio-Gastrolithe genannt.

Vor kurzem haben SCHMID & ACKERMANN (2012) einen Gastrolithen aus Stolzenbach nachgewiesen, der ein typisches Verhalten gezeigt hat und vermutlich einen verschluckten Stein darstellt. Dinosaurier-Magensteine zeigt FALK (2012: Abb. 8) aus der Kreide von Oklahoma (Paluxy-Sandstein), erwähnt aber nicht, ob sie in situ oder verstreut lagen.

Man könnte solche von Tieren aufgenommene Steine auch als Xenolithe (griech.-xenos=fremd) bezeichnen, was aber bereits aufgrund des Vorkommens des Ausdrucks in der Petrographie zu vermeiden ist (VINX 2008). Die Steine wurden bisher als Bio-Gastrolithen – Nahrungszerkleinerer – angesprochen.

4.2 „Gastrolith“ nom. exclud. - echte körperfremde Magensteine

Bei vielen Vögeln sind solche „Gastrolithe“ bekannt, so bei Tauben, vor allem bei Straußenvögeln und auch beim Auerhuhn (BAUERNFEIND 1994). Sie wurden z.T. fälschlich als Kropfsteine bezeichnet – diesen Ausdruck sollte man sofort vergessen!

Bei Vögeln dienen die verschluckten Steinchen, die auch als „Grit“ oder „Waidkörner“ bezeichnet werden, im Muskelmagen (Ventriculus) zur Zerkleinerung der Nahrung – Avi-Gastrolithen (Taf. 7, Fig. 1, 2, vgl. auch Hippolith, Kap. 3.2.3). Im Folgenden wird der Ausdruck Gastrolith im obigen Sinne nicht mehr verwendet. In der Zoologischen Staatssammlung München fanden sich durch freundliche Vermittlung von Koll. UNSÖLD Magensteine vom Auerhuhn (Taf. 4, Fig. 6) und von Hasel- und Birkhuhn sowie der Ringeltaube (Taf. 4, Fig. 5) solche, jetzt als Alimentolith bezeichnete „Gastrolithe“. Letzterer Ausdruck soll also für echte im Magen gebildete Steine verwendet werden (Kap. 3.2.3).

4.3 Alimentolith nom.nov. – Magenstein

Die früher als Gastrolithe bezeichneten Steine in Mägen fossiler Tiere sollen hier neu benannt werden, um in Zukunft Verwechslungen zu vermeiden.

Alimentolithe werden zur Zerkleinerung der Nahrung verwendet (lat. alimentum = Nahrung). Autor GREGOR bekam auf einer Spanienreise aus dem Iguanodon-Museum in Morella (E-Spanien) von Sr. JORGE YESTE einen blankpolierten und angeätzten Magenstein (incl. eines Zahnes von Iguanodon) eines Dinosauriers aus der Unter-Kreide, der im Bauchraum des Saurieres gefunden wurde (GODEFROIT 2012). Die im Gebiet anstehenden roten und grünen Ton-Gesteine aus der Ziegelei von Beltran (Morella), vor allem Tonmergel und -schiefer, bargen eine Anzahl Skelette von dem, vor allem aus Bernissart bekannten Dinosaurier *Iguanodon bernissartensis*. Solche „Gastrolithe“ (meist Quarzite) sind bei vielen Dinosauriern beschrieben worden (WINGS 1994). Quarzite stehen nicht in der Gegend an, sind also Fremdgesteine, noch dazu in situ - es sind also Endo-Alimentolithe (vgl. folgendes Kapitel 4.3.1 und Taf. 1, Fig. 1, 2).

Im Gegensatz dazu stehen die schön polierten Steine vom „Redfork-Digsite“, einem Bonebed aus der Mittleren Morrison Formation (Ob. Jura, Taf. 10, Fig. 4), das diplodocide Sauropoden enthält. Die Steine, die wir freundlicherweise von U. KRAUTWORST bekommen haben – sind rund um Dinosaurier aufgefundene Fremdgesteine vom Fundort Kaycee (Wyoming, USA) - also Exolithe bzw. Exo-Alimentolithe als Sauro-Alimentolithe (Taf. 10, Fig. 1-3).

Etwas kleiner, aber ebenso poliert sind die Magensteine aus der etwas jüngeren Oberen Morrison-Formation von Redfork (Waterfall Pit), Kaycee (Wyoming, USA), die wir gerade von U. KRAUTWORST bekommen haben (Taf. 1, Fig. 3). Die Fauna der Fundstelle besteht aus (Nachweise jeweils mittels Einzelknochen und Zähnen):

- große Sauropoden (*Camarasaurus*, *Diplodocus*)
- Stegosauridae
- div. Raubsaurier
- Crocodilier

Auch diese Steine zeigen eine polierte und angeätzte Oberfläche und sind als Exolithe bzw. Sauro-Alimentolithe (Xeno-Alimentolithe) zu bezeichnen.

4.3.1 Sauro-Alimentolith nom.nov. – Saurier-Magenstein

Da viele Funde von Magensteinen von Saurierskeletten vorliegen, scheint es gerechtfertigt, hier von der Gruppe von Sauro-Alimentolithen zu sprechen.

Xeno-Alimentolithe kann man polierte Steine außerhalb des Innenraums von Saurierskeletten auf Wirbeltierfossilflächen, meist Grabungsflächen von Saurierbiotopen, nennen. Sie sind stets fremd, was das um die Fossilfunde herum anstehende Gestein angeht. Diese Steine sind fragliche Magensteine aus fossilführenden Schichten (meist mit Dinosauriern), die aber nur aufgrund ihres exotischen Vorkommens als solche angesehen werden.

Nun hat WINGS (1994: 28) aber in seiner umfassenden Arbeit über „Gastrolithen“ eine neue Definition von nicht in situ liegenden Magensteinen vorgelegt:

Xeno-Alimentolith = Sicherer Magenstein außerhalb eines ausgegrabenen Individuums, aufgrund geologischer Gegebenheiten als Fremdmaterial definiert

„**Exolith** – an exotic rock in fine-grained sediments which may show a high polish and which potentially (but not necessarily) was a former gastrolith“.

In diesem Falle soll dem Kollegen WINGS gefolgt werden und die Xeno-Devoralithe besser und objektiver als Exolithe bezeichnet werden. Da die Definition genau das Problem „ehemaliger Gastrolith oder nicht“ betrifft, kann ein sicherer, aber allochthoner Exolith eingengt werden auf einen Xeno-Devoralith. Hier wären dann alle Gegebenheiten sauber erwähnt und definiert.

4.3.2 Avi-Alimentolith nom.nov. – Vogel-Magenstein

Vor kurzem konnte noch eine interessante kleine Untersuchung gestartet werden, die von Straußen verschlucktes Gesteinsmaterial betrifft. Es wurde nicht in der Wildbahn beobachtet, sondern auf der Straußenfarm in Leipheim (Ulm). Im Magen konnten massenhaft Steine gefunden werden, zusammen mit halbverdaulichem Pflanzenmaterial (Taf. 8, Fig. 1, 3). Die Steine zeigen allesamt völlig abgerundete Form, einen samtigen Glanz, und sind eindeutig angeätzt. Der direkt im Magen gemessene pH-Wert beträgt 1-2, ist also stark sauer (Taf. 8, Fig. 2) – was die Ätzspuren betrifft. Allerdings darf man den Faktor Opalphytolithe nicht vergessen – kleine Kristalle in den Blättern von Gräsern, die sowohl polieren können als auch Striemen erzeugen (über solche Phänomene siehe KOENIGSWALD & SANDER 1997 bei Zähnen).

Die Körnung des Kieses liegt bei etwa 8-16, das Material besteht aus alpinen Komponenten wie Quarz, Radiolarit, Lydit, Granit, Gneis, Sandstein oder Kalk (Taf. 9, Fig. 1, 2).

Bemerkenswert ist die Unterscheidung zwischen frischem Quetschwerkmaterial und dem bearbeiteten „Mageninhalt“. Zu ersterem kann die Komposition mit Quarz, Granit, Gneis, Sandstein und Kalk, z.T. als bruchstückhaft angegeben werden. Im zweiten Falle sind die Komponenten kleiner, gut gerundet und bestehen aus sehr viel Radiolarit, Quarz und weniger Granit-Gneis-Sandstein, während Kalk fast völlig fehlt. Hier hat also wohl eine Auslese stattgefunden – harte Materialien bleiben bei der Verdauung angeätzt und poliert übrig, Bruchkanten werden geglättet, Kalk wird aufgelöst.

Die REM-Aufnahmen (freundlicherweise durch Prof. THEWALT) zeigen angeätztes Magenmaterial, aber auch unbehandelte Steine von der Halde. Beide Male wurden roter Radiolarit und weißer Quarzit untersucht. Bei den Exemplaren A1 und B1 handelt es sich um

Radiolarit, einmal von der Halde und dann aus dem Mageninhalt, bei A2 und B2 um Quarzit, wie vorhin von Halde und aus dem Magen (Taf. 17, Fig. 1-4). Diffizile Unterschiede sind sichtbar, wobei die original bunten Aufnahmen das beste Ergebnis liefern (Taf. 9, Fig. 1, 2). Eine sehr schöne Untersuchung zu diesem Thema hat WINGS 1994 vorgelegt und interessante Ergebnisse zu den Mageninhalten und auch zu einem künstlichen, mechanischen Vogelmaden mit ähnlichen Daten geliefert.

Eine interessante Notiz fand der Autor in einem belletristisch-volkskundlichen Werk von SCHENK & TSCHINAG 1999:165 über das Turkvolk der Tuwa in der Mongolei. Sie essen gerne das wohlschmeckende Berghuhn, Ular genannt und verwenden den Magen bei Verletzungen: „Besonders wertvoll ist der Magen, der eigentlich aus zwei Mägen besteht, dem Grasmagen und dem Steinmagen. Dieser letztere besteht aus 4 großen dunklen Muskeln. Drinnen arbeiten unzählige kleine Kieselsteine und zermalmen die Nahrung: die würzigen, aber sehr harten Wurzeln. Das ist die steinerne Mühle des Vogels. Dieser Steinmagen nun wird immer getrocknet und aufgehoben.Bei einer Verletzung brauchst du nur ein bisschen davon abzufeilen und das Pulver über die Wunde zu streuen und so zu verbinden“.

Schon im 1. Jh. n. Chr. findet man bei PLINIUS d.Ä. in seiner „naturalis historia“ (MÖLLER & VOGEL 2007: VI.Bd., 37.Buch, S. 276) die „Alectoriae“ beschrieben, Steine in den Mägen der Hähne mit krystallinischem Ansehen (er meint wohl Schliffglanz und Ätzspuren) und mit der Größe einer Bohne – ein früher Beleg für solche Magensteine. Man hätte die vorliegenden „Magensteine“ also auch Alectorialithe nennen können – das würde aber nur die Avi- Alimentolithe betreffen. Das soll aber wegen einiger Ungenauigkeiten bzw. problematischer mythologischer Definitionen bei Plinius unterbleiben.

4.4 Gravitolith - Schwerkraftstein

Bisher wurden Schwerkraftanzeiger im Magen als Gastrolithe bezeichnet und zwar als Geo-Gastrolithe, was aber hier vermieden wird, da wir keine Konkremente vorliegen haben. Im Gegensatz zu den Alimentolithen haben diese Steine eine andere Funktion.

Sie sind vor allem bei Krokodilen weit verbreitet, vermutlich um unter Wasser stets die Schwerkraftsicherung bzw. die Schwerkraft-Orientierung zu gewährleisten. Es wird vorgeschlagen, hier einen Begriff „Gravitolith“ (lat. gravis=schwer) einzuführen, damit klare Unterscheidungen zu den übrigen Gastrolithen getroffen werden können. Der bisherige Name „Statolith“ hat aber sicher auch eine Berechtigung, wird hier aber wegen seiner Zugehörigkeit zu Konkrementen abgelehnt (körpereigene Kristalle).

Auch die medizinisch-anatomisch als Statolithen bezeichneten Kristalle (vgl. Kap. 3.2.6) auf dem Gleichgewichtsorgan des Menschen sind wohl Gravitolithe.

4.6 Pensilith – Schwebestein

Hier muss noch ein Problem angeschnitten werden, das hier aber wohl keine Lösung haben wird – die Tauchgewichte bei z.B. Plesiosauriern. Wie bei heutigen Tauchern mit Bleigewichten, könnten diese „Magensteine“, wohl im Uferbereich verschluckt, als Gewichte zum Schweben im Wasser verwendet worden sein, also als Ausgleichsgewichte für die luftgefüllten Lungen. Hierüber fehlen bisher aber Studien (vgl. aber Wikipedia, Plesiosaur gastroliths, tropic shale, Utah, USA). Bisher sind solche Steine nur fossil nachgewiesen. Der Ausdruck pensilis bezeichnet lateinisch „schwebend“. Auch die Frage, wie sie von

Gastrolithen zu unterscheiden sind, muss im Moment noch offen bleiben, ebenso der Vergleich mit Gravitolithen. Vielleicht sind beide Typen als homolog oder identisch zu betrachten.

4.7 Rhinolith – Nasenstein (Sonderform)

Ein Nasenstein ist ein verkrusteter Fremdkörper in der Nase, der die Atmung einengen und unmöglich machen kann, wenn durch die Verkrustung und mangelnder Sekretabfluß die Nebenhöhlen blockiert werden. Bakterien führen zu Entzündungen (PSCHYREMBEL 1993: 1332 und Wikipedia). Der Einfachheit halber wird der Nasenstein bei den „aufgenommenen“ Steinen geführt, bevor man eine eigene Abteilung macht – er wäre also durch die Nase „aufgenommen“.

5 Spezifizierung der genannten –Lithen

Wir unterscheiden insgesamt bei den genannten Typen von Objekten die Exkreme und die Konkreme bei den Somatiten, die Alimentolithe und Gravitolithe bei den Devoralithen. Übergangsformen wären aber der Schnecken-Liebespfeil, Regenwurm-Kalkkonkrement, oder Otolithen – sie kann man fast als obligatorisch bezeichnen, nicht als temporär. Allerdings gehören alle als Konkreme bezeichneten Objekte nicht zum Skelett oder sind akzessorisch. Es bleibt abschließend festzustellen, dass alle genannten Steine entweder vom Körper verschiedener Organismen zusätzlich oder pathologisch gebildet wurden – oder als Fremdmaterial (Steine im Umkreis) aufgenommen wurden. Die folgenden Tabellen sollen das Gesagte nochmals zusammenfassen. Gleichzeitig sieht man auch Lücken und „Fehldiagnosen“ aufgrund systematischer Unzulänglichkeiten – die Abhandlung soll aber erste Vergleiche und Definitionen bringen und kein geschlossenes System vorlegen. Es handelt sich um eine systemische Analyse mit nomina nova, nomina conservanda und nomina excludenda. Weitere Diskussionen und Zuordnungen sind unbedingt nötig, um das System zu etablieren.

Tabelle 1: Somatite – Exkreme

Großgruppe	Unterteilung	Körpersteine: pathologisch, akzessorisch, aufgenommen	Fossil-rezent-Nachweis
Somatit	Exkrement	Faeces = Exkrement rezent	---
Somatit	Exkrement	Koprolith = Exkrement fossil (incl. Dino-Dung)	+++
Somatit	Exkrement	Peloid = Pellet (Invertebrata)	+++
Somatit	Exkrement	Guanolith = Exkreme in großer Häufung, strukturlos.	+++
Somatit	Exkrement	Skybala = Exkrement aus Blinddarm gebildet, Kotstein	---
Somatit	Exkrement	Spuerolith nom.nov. = Speiballen	+++

Tabelle 2: Somatite – Konkreme

Großgruppe	Unterteilung	Körpersteine: pathologisch, akzessorisch, sekretorisch, temporär	Fossil-rezent-Nachweis
Somatit	Konkrement	Enterolith = Darmstein	---
Somatit	Konkrement	Cololith = fossiler Darmstein	+++
Somatit	Konkrement	Gastrolith s.s. = Magenstein (Patho-Gastrolith), Hippolith	+++
Somatit	Konkrement	Bezoar = haariger Magenstein	---
Somatit	Konkrement	Statolith = Schwerkraftanzeiger,	+++
Somatit	Konkrement	Statoconia = dito, zweiter Name für Statolith, besser für Pflanzen geeignet	---
Somatit	Konkrement	Otolith = Gehörstein	+++
Somatit	Konkrement	Magnetolith - Magnetstein	---
Somatit	Konkrement	Ophthalmolith - Augenstein	---
Somatit	Konkrement	Kutikulosom = Haarzellenkügelchen	---
Somatit	Konkrement	Tartarolith nom. nov. = Zahnstein	---
Somatit	Konkrement	Horreolith nom.nov. = Speicherstein	---
Somatit	Konkrement	Choleolith = Gallenstein	---
Somatit	Konkrement	Urolith = Blasenstein	---
Somatit	Konkrement	Nephrolith = Nierenstein	---
Somatit	Konkrement	Psammon = Tumorstein	
Somatit	Konkrement	Sialolith = Speichelstein	---
Somatit	Konkrement	Vaginolith = Scheidenstein	---
Somatit	Konkrement	Penilith = Penisstein	---
Somatit	Konkrement	Spermaceti = Walrat	---
Somatit	Konkrement	Lumbricolith=Regenwurm-Kalkkonkrement	+++
Somatit	Konkrement	Gypsobelum = Liebespfeil	---
Somatit	Konkrement	Uniolith = Perlstein	+++
Somatit	Konkrement	Exostolith = Knochenwucherung	+++

Tabelle 3: Devoralithe – Alimentolithe – Gravitolithe

Großgruppe	Unterteilung	Körpersteine: pathologisch, akzessorisch, aufgenommen	Fossil-rezent-Nachweis
Devoralith	Alimentolith	Xeno-Alimentolith = sicherer externer Magenstein	+++
Devoralith	Alimentolith	Exolith = wahrscheinlicher externer Magenstein	+++
Devoralith	Alimentolith	Endo-Alimentolith, in situ liegender Magenstein	+++
Devoralith	Alimentolith	Avi-Alimentolith = Vogel-Magenstein	+++
Devoralith	Alimentolith	Sauro- Alimentolith = Saurier-Magenstein	+++
Devoralith	Alimentolith	Pensilith = Schwebestein	+++

Devoralith	Alimentolith	Gravitolith = Schwerkraftanzeiger	+++
„Devoralith“	„Alimentolith“	Rhinolith=Nasenstein, fremd aufgenommen	---

Tabelle 4: Systematik der „Steine“ im Hinblick auf ihren Wirkungsmechanismus

Großgruppe	Unterteilung	Körpersteine	Pathologisch, akzessorisch, temporär, aufgenommen
Somatit	Exkrement	Faeces	Normal, temporär,
Somatit	Exkrement	Koprolith	Normal, Pathologisch, Fossilerhaltung
Somatit	Exkrement	Peloid	Normal, Fossilerhaltung
Somatit	Exkrement	Guanolith	Normal, temporär,
Somatit	Exkrement	Skybala	Pathologisch
Somatit	Exkrement	Spuerolith	Normal, temporär,
Somatit	Konkrement	Enterolith	Normal
Somatit	Konkrement	Cololith	Normal, Fossilerhaltung
Somatit	Konkrement	Gastrolith s.s.	Pathologisch
Somatit	Konkrement	Bezoar	Pathologisch
Somatit	Konkrement	Statolith,	Normal
Somatit	Konkrement	Statoconia	Normal
Somatit	Konkrement	Otolith	Normal
Somatit	Konkrement	Magnetolith	Normal
Somatit	Konkrement	Ophthalmolith	Normal
Somatit	Konkrement	Kutikulosom	Normal
Somatit	Konkrement	Tartarolith	Pathologisch, fossil
Somatit	Konkrement	Horreolith	Normal, temporär, akzessorisch
Somatit	Konkrement	Cholelith	Pathologisch
Somatit	Konkrement	Urolith	Pathologisch
Somatit	Konkrement	Nephrolith	Pathologisch
Somatit	Konkrement	Psammon	Pathologisch
Somatit	Konkrement	Sialolith	Pathologisch
Somatit	Konkrement	Vaginolith	Pathologisch
Somatit	Konkrement	Penilith	Pathologisch
Somatit	Konkrement	Spermaceti	Pathologisch, temporär
Somatit	Konkrement	Lumbriculith	Normal
Somatit	Konkrement	Gypsobelum	Normal
Somatit	Konkrement	Uniolith	Pathologisch, temporär
Somatit	Konkrement	Exostolith	Pathologisch, akzessorisch
Devoralith	Alimentolith	Xeno-Alimentolith	Normal
Devoralith	Alimentolith	Exolith	Normal
Devoralith	Alimentolith	Endo-Alimentolith	Normal
Devoralith	Alimentolith	Avi-Alimentolith	Normal
Devoralith	Alimentolith	Sauro-	Normal

		Alimentolith	
Devoralith	Alimentolith	Pensilith	Normal
Devoralith	Alimentolith	Gravitolith	Normal
Devoralith	Alimentolith	Rhinolith	Pathologisch

Die letzte Tabelle zeigt alle hier aufgeführten „Körpersteine“ nochmals in ihrem Vorkommen rezent-fossil.

Tabelle 5 (rechts): Systematik der „Steine“ im Hinblick auf ihr zeitliches bzw. fossiles Vorkommen (zusätzlich mit solchen von Pflanzen als erster Hinweis für vergleichbare Modelle)

Name des zoologischen -lithen	Rezente Ausprägung	Fossiles Vorkommen
	Faeces	Koprolith
	Peloid, Pellet	Peloid fossil
	Guano	Guanolith
	Skybala	---
	Gewölle	Spuerolith
	Enterolith	Cololith
	Gastrolith	---
	Bezoar	---
	Statolith	Statolith fossil
	Otolith	Otolith fossil
	Magnetolith	---
	Ophthalmolith	---
	Kutikulosom	---
	Tartarolith	Tartarolith fossil
	Horreolith	---
	Cholelith	---
	Urolith	---
	Nephrolith	---
	Psammon	---
	Sialolith	---
	Vaginolith	---
	Penilith	---
	Spermaceti	---
	Lumbricarien-Kalkkonkrement	Lumbriculith
	Gypsobelum	---
	Unio	Uniolith
	Exostose	Exostolith
	Alimentolith	Alimentolith fossil
	---	Xeno-Alimentolith
	---	Exolith
	Endo-Alimentolith	Endo-Alimentolith fossil

	Avi-Alimentolith	---
	---	Sauro-Alimentolithh
	Pensilith	---
	Statolith	Gravitolith
	Rhinolith	---
Pflanzliche -lithen		
	Phytolithe	Opal-Phytolithe fossil
	Seebälle	Aegaropilith
	Statoconia	Statoconia fossil

6 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend wollen wir die bisherigen systemisch-systematischen Überlegungen kurz und prägnant nochmals darstellen:

Körpersteine werden unterschieden in:

Somatite (körpereigene Sekretionsbildungen),

Exkreme (Ausgeschiedenes)

Konkremente (Mischungen, Körpersteine)

Devoralithe (Verschlungenes)

Alimentolithe (Nahrungszerkleinerer, fremde Magensteine)

Alle hier aufgeführten Körpersteine sind geologischer Herkunft oder werden so definiert (paläontologisch-mineralogisch-sedimentär-kristallisiert). Die für die Medizin wichtigen „Steine“ werden erwähnt, aber für unsere Systematik nicht gebraucht – sie sind als parallele Begriffe im naturwissenschaftlichen Sinne zu sehen.

Die früher als Gastrolithen bezeichneten Steine haben verschieden Ursprünge und werden nun aufgeteilt.

Viele heute pathologischen Steine sind fossil nicht bekannt, aber es gibt eine Reihe fossiler Vorkommen, die hier Erwähnung finden sollen: Koprolith, Spuerolith, Cololith, Statolith, Otolith, Lumbriculith, Uniolith, Exostolith, Alimentolith, Pensilith, Gravitolith. Alle übrigen „Steine“ sind nur im Sprachgebrauch rezenter Untersuchungen üblich.

Literatur

ANDERSON, M.D., RICHARDSON, P.R.K. & WOODALL, P.F. (1992): Functional Analysis of the Feeding Apparatus and Digestive Tract Anatomy of the Aardwolf (*Proteles Cristatus*).- J. Zool., 228, Pp. 423-434

BAER, O. (1995): Die Flußperlmuschel: *Margaritifera margaritifera* (L.); Ökologie, umweltbedingte Reaktionen und Schutzproblematik einer vom Aussterben bedrohten Tierart.- 118 S., 1. Aufl. Westarp-Wiss., Magdeburg

BARNES, S. & PATRIZIO, A. (Hrsg.)(2012): Ilana Halperin - New Landmass, Neue Landmasse. - Berliner Medizinhistorisches Museum der Charité und der Schering Stiftung, 98 S., Berlin

- BAUERNFEIND, E. (1994): Magenkiesel (Gastrolithen) einer Auerhenne (*Tetrao urogallus*) vom Ötscher, Niederösterreich.- *Egretta* (Birdlife Österreich, Gesellschaft für Vogelkunde), 37,1: 33, 34
- BOURKE, J.G. (1992): *Das Buch des Unrats*.- 363 S., Eichborn Verl., Frankfurt a.M.
- BUCKLAND, W. (1824): Notice on the Megalosaurus, or great fossil lizard of Stonesfield.- *Transactions of the Geological Society of London*, 2 (1): pp. 390- 396, London
- CHIN, K. (umfangreiche Literaturliste unter dieser Adresse erreichbare PDF): http://www.colorado.edu/geolsci/faculty/pdf/chin_cv.pdf
- CHINSAMY, A. & CHIAPPE, L.M., MARUGÁN-LOBÓN, J., CHUNLING, G., FENGJIAO, Z. (2013): Gender identification of the Mesozoic bird *Confuciusornis sanctus*.- *Nature Communications*, 4, 1381
- DIEDRICH, C.G. (2012): Typology of Ice Age spotted Hyena *Crocota crocuta spelaea* (Goldfuss, 1823). Coprolite Aggregate Pellets from the European Late Pleistocene and their Significance at Dens and Scavenging Sites.- in: HUNT, A.P., MILAN, J., SPENCER, G.L. & SPIELMANN, J.A. (eds.): *Vertebrate Coprolites*. New Mexico Mus. Nat. Hist. and Sci., Bulletin 57, Albuquerque
- DUMITRAȘ, D.G. (2008): Apatite-(CaOH) in the fossil bat guano deposit from the “dry” Cioclovina Cave, Șureanu mountains, Romania.- *Canadian Min.*, 46: 431-445, Vancouver
- ERMEL, G. (2005): *Das Anasazi-Rätsel*. Masterplaner, Kannibalen und Kachinas: Auf den Spuren eines verschwundenen Volkes.- 200 S., 20 Abb., Bohmeier-Verlag, Leipzig
- ERNST, G., KOHRING, R. & REHFELD, U. (1996): Gastrolithe aus dem Mittel-Cenomanium von Baddeckenstedt (Harzvorland) und ihre paläogeographische Bedeutung für eine prä-ilsedische Harzinsel. - *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg*, (Sonderband Kreide-Symposium 1992), 77: 503-543; Hamburg
- ERNST, G. & KOHRING, R. (1992): Gastroliths from marine Middle Cenomanian of Baddeckenstedt (Lower Saxony, Germany) and their palaeogeographical implications.- Abstract, 4th International Cretaceous Symposium, Hamburg: 1-3; Hamburg
- EVERHART, M. (2004): Conchoidal fractures preserved on elasmosaur gastroliths are evidence of use in processing food.- *Journal of Vertebrate Paleontology* 24(3 suppl.): 56A
- FALK, H. (2012): *Der neue Sauriersaal des Naturhistorischen Museums Wien*.- *Fossilien*, 5: 286-290, 11 Abb., Quelle u. Meyer Verl., Wiebelsheim
- FALKUS, H. (1980): *Die Sprache der Tierspuren- Verhaltensweisen aus Fährten und Spuren lesen*.-256 S., viele s/w Abb., A. Müller Verl., Rüschlikon-Zürich
- FALKENBERG, G., FLEISSNER G., SCHUCHARDT, K., KUEHBACHER, M., THALAU, P., MOURITSEN, H., HEYERS, D., WELLENREUTHER, G. & FLEISSNER, G. (2010): Avian Magnetoreception: Elaborate Iron Mineral Containing Dendrites in the Upper Beak Seem to Be a Common Feature of Birds.- *PLoS ONE* 5(2): e9231

- FRANZEN, J., HABERSETZER, J., SCHLOSSER-STURM, E., & FRANZEN, E. (2012): Palaeopathology and fate of *Ida* (*Darwinius masillae*, Primates, Mammalia). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **92**: 567 – 572, Frankfurt a.M.
- FÜCHTBAUER, H. & RICHTER, D.K. (1988): Karbonatgesteine. In: FÜCHTBAUER (Hrsg.), *Sediment-Petrologie, Teil 2, Sedimente und Sedimentgesteine*, S. 233-434, 4. Aufl., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- FÜCHTBAUER, H. (1988): *Sediment und Sedimentgesteine*. - 1141 S., 660 Abb., 113 Tab., E. Schweizerbart, Stuttgart
- GEEL, B.v., APTROOT, A., BAITTINGER, C., BIRKS, H.H., BULLE, I.D., CROSS, H.B., EVERSLED, R.P., GRAVENDEEL, B., KOMPANJE, E.J.O., KUPERUS, P., MOL, D., NIEROP, K.G.J., PALS, J.P., TIKHONOV, A.N., REENEN, G.v., TIENDEREN, P.H.v. (2008): The ecological implications of a Yakutian mammoth's last meal.- *Quaternary Research*, **69**: 361–376
- GODEFROIT, P. (2012): *Bernissart Dinosaurs and Early Cretaceous Terrestrial Ecosystems*.- 630 PP., many b/w figs. and tabs., Indiana Univ. Press, Bloomington (Ind.)
- GREGOR, H.-J. (1981) (Hrsg.): *Neues aus dem Oberpfälzer Braunkohlen-Tertiär*.- *Documenta naturae*, **2**: 25 S., 6 Abb., 7 Taf.; München
- GREGOR, H.-J. & SCHMID, W. (1983): Ein Massenvorkommen von *Hemitrapa heissigii* - Früchten (Trapaceae) in der Sondermüll-Deponie Gallenbach bei Dasing (Lkrs. Aichach-Friedberg).- *Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben e.V.*, **87**, 3-4: 63-69, 3 Taf.; Augsburg
- GREGOR, H.-J. (2005): Pflanzen und Tiere aus den eozänen Braunkohlen des Untertagebaues Stolzenbach bei Kassel.- *Philippia*, **12**, 2: 147-181, 36 Abb., 2 Tab., Kassel
- GREGOR, H.-J. (2007): Bernstein – Mineral, Gestein oder was? (Kurzmitteilung 4).- *Documenta naturae*, **164**, 1: 17, München
- GREGOR, H.-J. (2010): *Die Welt des Tertiärs - Eine Sonderausstellung des Hessischen Braunkohle Bergbaumuseums Borken*.- *Documenta naturae*, **SB 56**: 1-18, CD-ROM, München
- GREGOR, H.-J., SACHSE, M. & OSCHKINIS, V.(†) (2013): Die eozänen Braunkohleschichten aus dem Untertagebau Stolzenbach bei Kassel (PreußenElektra, Niederhessen) IX. Große Kopolithen im Vergleich mit denen anderer Fundstellen.- *Documenta naturae*, **190**, in Vorb., München
- GREGOR, H.-J. (Hrsg. mit Beitr. von G. DOPPLER, A. FRIEDMANN, R. FUHRMANN, B. GESSLEIN, H.-J. GREGOR, M. KNIPPING, W. v. KOENIGSWALD, L. MAMMITZSCH, W. MARTIN, R. MATZKE-KARASZ, C. MAYR, W. RÄHLE, G. SCHELLMANN, P. SCHIELEIN, C. STEFEN, PH. STOJAKOWITS, M. THEUERKAUF & R. ZECH) (2012): *Die Eiszeit in Bobingen – neue Funde und Ergebnisse aus Kiesgruben der Fa. LAUTER (Landkreis Augsburg, Bayern)*.- *Documenta naturae*, **191**: 1-195, 15 Tab., 33 Abb., 52 Taf., 9 Anhänge, Bobingen

- GREGOR, H.-J., mit Fotos von THEWALT, U. & DÖRFNER, G. (2002): Die Mikrowelt aus dem Korallenkalk (Weißer Jura zeta) von Gerstetten auf der Alb - II. Die Schwamm – Nadeln.- Documenta naturae, **SB 17/2**: 1-13, 5 Abb., 4 Taf., München
- HARZHAUSER, M., ROETZEL, R. & MANDIC, R. (2012): Late Karpatian estuarine system of the Kornneuburg Basin – Fossilienwelt Stetten.- Molasse Tagung 2012 – Excursion, 36 S., viele s/w-Abb., unveröff. Bericht Naturhistor. Museum Wien
- HEIZMANN, E.P.J. & FAHLBUSCH, V. (1983): Die mittelmiozäne Wirbeltierfauna vom Steinberg (Nördlinger Ries) – Eine Übersicht.- Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. Hist. Geol., 23, 83-93, München
- HENDERSON, D.M. (2003): Effects of stomach stones on the buoyancy and equilibrium of a floating crocodylian: a computational analysis.- Canadian Journal of Zoology 81: 1346-1357
- HENDERSON, D.M. (2005): Floating point: a computational study of buoyancy, equilibrium, and gastroliths in plesiosaurs.- Journal of Vertebrate Paleontology 25(3 suppl.):68A-69A
- HEYERS, D., MANNS, M., LUKSCH, H., GÜNTÜRKÜN, O. & MOURITSEN, H. (2007): A Visual Pathway Links Brain Structures Active during Magnetic Compass Orientation in Migratory Birds.- PLOS ONE 2(9): e937
- HÖGLUND, N. H. & J. PORKERT (1983): Consumption and excretion of grit in Capercaillie, Black Grouse and Willow Grouse (*Tetrao urogallus* L, *Tetrao tetrix* L, *Lagopus lagopus* L.) under experimental conditions.- Vestn. Cs. Spol. Zool. 47 (4), 256-271
- HOLLOCHER, K. T., HOLLOCHER, T. C. & RIGBY, K. J. Jr. (2010). A phosphatic coprolite lacking diagenetic permineralization from the Upper Cretaceous Hell Creek Formation, Northeastern Montana: importance of dietary calcium phosphate in preservation. - *Palaios* **25**, 2, 132-140, 4. Abb., 1 Tab., Tulsa
- KELLER, T. & SCHAAL, S. (1988): Krokodile - urtümliche Grossechsen. - in: SCHAAL, S. & ZIEGLER, W. (Ed.): Messel - ein Schaufenster in die Geschichte der Erde und des Lebens, 107-118, Senckenbergische Naturforsch. Ges., Frankfurt/M., (Kramer)
- KELLER, T.K. & SCHAARSCHMIDT, F. (1980): „Seebälle“ im Posidonienschiefer.- APP-Vortrag im März 1980 in Würzburg, Courier Forsch.-Inst. Senckenberg, 42: 43-45, 1 Abb., Frankfurt a.M.
- KOENIGSWALD, W.v. (Hrsg.) (1996): Fossilagerstätte Rott bei Honnef am Siebengebirge. - 82 S., viele Abb., Rheinlandia-Verl., Siegburg
- KOENIGSWALD, W.v. & SANDER, M. (eds.)(1997): Tooth Enamel Microstructure.-280 pp., many b/w figs., Balkema, Rotterdam
- KRUMBIEGEL, G., RÜFFLE, L. & HAUBOLD, H. (1983): Das eozäne Geiseltal. - 227 S., 175 Abb., Wittenberg (A. Ziemsen Verl.), Wittenberg
- LEHMANN, J. (2010): Statolithen – kleine Fossilien ganz groß.– Fossilien, 6, Nov.-Dez. 2010: 359-366, 4 Abb., Korb

- LEHMANN, J. (2012): Rhizolithe aus der Bucht von Alcudia auf Mallorca. – Fossilien, 1, Jan.-Feb. 2012: 58-59, 2 Abb., Wiebelsheim
- LUCIUS, R. & LOOS-FRANK, B. (2008): Biologie von Parasiten.-552 S., viele s/w Abb., Springer Verl., Berlin
- MEININGHAUS, H. (2000): Krebsaugenschüsserl und ähnliche Behältnisse.- Weltkunst, 70, Jahrgang Nr.8, Aug 2000, Seite 1366/7
- MÖLLER, L. & VOGEL, M. (Hrsg.)(2007): Die Naturgeschichte des Caius Plinius Secundus (IV.-VI. Bd. u. Anhänge).- 767 S., Marix Verl., Wiesbaden
- MOL, D., SHOSHANI, J.(H.), TIKHONOV, A., GEEL, V.B., SANO, SH., LAZAREV, P., BOESKOROV, G. & AGENBROAD, L.D. (2006): The Yukagir Mammoth: brief history, 14c dates, individual age, gender, size, physical and environmental conditions and storage.- Scientific Annals, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki (AUTH), Special volume 98: 299-314, 16 figs., div. tabs., Thessaloniki
- NICKEL, R., SCHUMMER, A., SEIFERLE, E. AUGSBURGER, H., & VOLLMERHANS, B. (2004): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Bd. 5.- 446 S., zahlr. Illustr., Parey Verl., Berlin
- NOLF, D. (1985): Otolithi piscium. In: Schultze, H.-P. (Hrsg.): Handbook of Paleoiichthyology. G. Fischer-Verlag, Stuttgart & New York
- NOLF, D. (2013): The Diversity of Fish Otoliths, past and present.- 350 pp., 359 pls., Royal BelgianInst. Nat. Sci., Bruxelles (STEURBAUT, E., BRZOBOHATY, R. & HOEDEMAKERS, K. – eds.)
- OSCHKINIS, V. & GREGOR, H.-J. (1992): Paläontologische Funde aus der eozänen Braunkohle des Untertagebaus Stolzenbach (PreußenElektra) in Niederhessen. I. Die Flora.- Documenta naturae, 72 1-31, 9 Abb., 4 Tab., 8 Taf., München
- PROBST, E. (1992): Rekorde der Urmenschen: Erfindungen, Kunst und Religion.- 164 S., GRIN-Verlag, München
- PULLIAINEN, E. (1981): Grit intake of the Capercaillie, Tetrao urogallus, in the northern Finnish taiga in autumn.- Aquilo Ser. Zool. , 19 (1979), 45-47
- PSCHYREMBEL (1993): Medizinisches Wörterbuch.- 257 Aufl., A-Z, 1722 S., viele z.T. farb. Abb., Nikol Verl.-ges., Hamburg
- RAO, V. P., NAQVI, S. W. A. et al. (2000). "A comparative study of Pleistocene phosphorites from the continental slope off western India.- Sedimentology, 47: 7 Abb., 2 Tab., S. 945-960
- REGER, K.H. (1981): Perlen aus beayerischen Gewässern.- 143 S., div. s/w Abb., Hugendubel Verl., München
- REICH, M. & FRENZEL, P. (1997): Onychiten (Cephalopoda, Coleoidea) aus der Schreibkreide (Unter-Maastrichtium) der Insel Rügen (Ostsee).- Greifswalder Geowiss. Beitr., 141, 121 – 124, 13 Abb., Greifswald
- RICHTER, A. E. (2008): Ichthyosaurier-Koprolithen (Praktisches; 1. März 2008; 5 S., 5 Abb.). Online-Magazin-Leitfossil.de, Ammon-Rey-Verlag, Augsburg. Jahrgangs-CD 2008

- RICHTER, A. E. (2008): Ganz besondere Pillen (Mikromania; 3.12.2008; 3 S., 3 Abb.)
Online-Magazin-Leitfossil.de, Ammon-Rey-Verlag, Augsburg. Jahrgangs-CD 2008
- RÜHL, F., (1896): Beiträge zur Kenntnis der tertiären und quartären Ablagerungen in
Bayerisch-Schwaben. - Ber. naturwiss. Ver. Schwaben und Neuburg in Augsburg, 32, 490
S., Augsburg
- SACHSE, M. (2005): A remarkable fossiliferous mass flow deposit in the Eocene Eckfeld
Maar (Germany) - Sedimentological, taphonomical, and palaeoecological
considerations.- *Facies*, 51: 183-194, Berlin
- SCHENK, A. & TSCHINAG, G. (1999): Im Land der zornigen Winde.- 238 S., Unionsverlag
Taschenbuch 154, Zürich
- SCHLÜTER, TH. & KOHRING, R. (2007): The Hidden Secrets of Tanzanian Phosphates.-
Documenta naturae, 165: 99-103, München
- SCHMEISSER, R., & FLOOD, T. (2005): Recognition of paleogastroliths from the Cedar
Mountain Formation of northern Utah, using a scanning electron microscope. - *Journal of
Vertebrate Paleontology* 25(3 suppl.): 110A
- SCHMIDT, D. & ACKERMANN, D. (2007): Koprolithen der Grube Messel bei Darmstadt
(Mitteleozän, Lutetium) - ein Projekt mit G.G. Fechner. - *Documenta Naturae*, 165, 45-
77, 6 Abb., 3 Taf., München
- SCHMIDT, D. & ACKERMANN, D. (2013): Die eozänen Braunkohleschichten aus dem
Untertagebau Stolzenbach bei Kassel (PreußenElektra, Niederhessen) IX. Koprolithen
und ein fraglicher Gastrolith.- *Documenta naturae*, 190: 15-31, 4 Abb., 1 Taf., in Vorb.,
München
- SCHMITZ, M. & BINDA, P.L. (1991): Coprolites from the Maastrichtian Whitemud
Formation of southern Saskatchewan: Morphological classification and interpretation on
diagenesis.- *Paläontol. Z.*, 65, 1/2: 199-211, 6 Abb., 1 Tab. Stuttgart
- SCHMITZ, M. (1991): Die Koprolithen mitteleozäner Vertebraten aus der Grube Messel bei
Darmstadt. - *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 137, 199 S., 14 Abb., 20 Taf.,
Frankfurt/M.
- SCHNEIDER, H. & THIELE, S. (1965): Geohydrologie des Erftgebietes.- 185 S., 75 Abb., 3
Tab., 2 Taf., Minist. Ernähr. etc. Land Nordrh.-Westf., Düsseldorf
- SCHOEFFEL PEARL CULTURE (Hrsg.)(1996): PERLEN – von den Mythen zur modernen
Perlenzucht.- 119 S., viele farb. Abb., DuMONT, Köln
- SCHWEIGERT, G. (1999): Erhaltung und Einbettung von Belemniten im Nusplinger
Plattenkalk (Ober-Kimmeridgium, Beckeri-Zone, Schwäbische Alb).- *Stuttgarter Beitr.
Naturk.*, Ser. B, 273, 35 S., 9 Taf., 4 Abb. Stuttgart
- SCHWEIGERT, G. (2013): Nicht nur Ammoniten... Die Fauna des schwäbischen Braunjura.-
Fossilien – *Zeitschr. f. Hobbypaläontologen*, Sonderheft Braunjura:47-62, 64 Abb., ed.
Goldschneck, Wiebelsheim
- SEILACHER, A. (1997): Fossil Art.- *Ausstellungskatalog Geol. Inst. Univ. Tübingen*, 64 S.,
37 z.T. farb. Abb., Royal Tyrrell Mus. Paleont., Drumheller, Alberta, Canada

- SEILACHER, A. (2003): Anrücklich? Koproolithen und Cololithen.- Fossilien, Zeitschrift für Hobbypaläontologen, 4, S. 230 – 233. Goldschneck Verlag, Korb
- SEILACHER, A., C. MARSHALL, H. SKINNER C. W. & T. TSUIHIJI (2001): A fresh look at sideritic "coprolites".- *Paleobiology* 27(1): 7-13
- SELMEIER, A. (1984): Fossile Bohrgänge von *Anobium* sp. in einem jungtertiären Lorbeerholz aus Egweil (Südliche Frankenalb). - *Archaeopteryx* (Jg. 1984): 13-29, 14 Abb., Eichstätt.
- SPENCER, P. K. (online 2008): The "coprolites" that aren't: The straight poop on specimens from the Miocene of southwestern Washington State.- *Ichnos: An International Journal for Plant and Animal Traces*. 2/3 (print 1993), S. 231-236
- TEICHMÜLLER, M. (1988). "Zur chemischen und mikroskopischen Zusammensetzung vermutlicher Krokodil-Koproolithen aus dem eozänen Ölschiefer von Messel." *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 107: 147-161
- THOMAS, M., GILBERT, P., JENKINS, L. et al. (2008): DNA from Pre-clovis human coprolites in Oregon, North America.- *Science*, 320: 786-789
- TOBIEN, H. (1977): Ein Gewöllrest mit *Megacricetodon* (Rodentia, Mammalia) aus dem Obermiozän von Öhningen (Baden-Württemberg).- *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau* 67:359-369
- TRATZ, E.P. (1976): Hippolithen - Magensteine oder Gastrolithen vom Pferd.- *Mitteilungen aus dem Haus der Natur Salzburg*, 7: 64, Salzburg
- TURNER, Ch. G. & TURNER, J. (1999): *Man Corn: Cannibalism and Violence in the Prehistoric American Southwest*, Salt Lake City
- VINX, R. (2008): *Gesteinsbestimmung im Gelände*.- S. 128f u. 133, Springer-Verlag, Berlin
- WHITTLE, C.H. & EVERHART, M.J. (2000): Apparent and implied evolutionary trends in lithophagic vertebrates from New Mexico and elsewhere.- In: S.G. LUCAS & A.B. HECKERT (Eds.): *Dinosaurs of New Mexico - New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 17, pp. 75-82
- WINGS, O. & SANDER, P.M. (2007) No gastric mill in sauropod dinosaurs: new evidence from analysis of gastrolith mass and function in ostriches.- *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 274 (1610): 635–640. ([online](#))
- WINGS, O. (2003): The function of gastroliths in dinosaurs — new considerations following studies on extant birds.- *Journal of Vertebrate Paleontology* 23(3 suppl.): 111A
- WINGS, O. 2004. Identification, distribution, and function of gastroliths in dinosaurs and extant birds with emphasis on ostriches (*Struthio camelus*).- Ph.D. Thesis, The University of Bonn, Bonn, Germany, 187 pp., 22 pls., 7 tabs., 3 Append., Bonn
- WINGS, O. 2005. Taphonomy, gastroliths, and the lithophagic behavior of sauropodomorph dinosaurs.- *Journal of Vertebrate Paleontology* 25(3 suppl.): 131A
- WINGS, O. (2007): A review of gastrolith function with implications for fossil vertebrates and a revised classification.- *Acta Palaeontologica Polonica*, 52 (1): 1-16. ([PDF](#))

ZESSIN, W. (2010): Pyritisierte Cololithen aus dem Rupelton vom Wanzeberg bei Malliß, Kreis Ludwigslust.- Mitteilungen der Naturforsch. Gesellsch. Mecklenburg, 4, Heft 1, September 2004

Tafeln

Die Fotos sind, wenn nicht anders angegeben, alle von Autor GREGOR gemacht worden

Die Tafeln 15 und 16 wurden von Autor RICHTER angefertigt,

die Taf. 17 und 18 von Dr. U. THEWALT

Tafel 1

Fig. 1: Einzelzahn und quarzitischer Magenstein eines *Iguanodon*-Dinosauriers von der Fundstelle Beltran in E-Spanien; Objekte aus dem Museum YESTE in Morella, heute im Naturmuseum Augsburg; Steintypus: Devoralith-Alimentolith-Sauro-Alimentolith (Endo-Alimentolith)

Fig. 2: Profil der Dinosaurierfundstelle Beltran in E-Spanien, mit roten Kreidetonen, woraus der Magenstein und Zahn eines Iguanodon (Fig. 4) stammen; in den rotgrünen Tönen kommen normalerweise keine Quarze vor!

Fig. 3: „Gastrolithen“ vom Waterfall Pit, Redfork, Kaycee, Wyoming, USA (Coll. KRAUTWORST): Obere Morrison-Formation, Basis eines Channel-deposits: Sandstein mit Tonklasten, etwas jünger als die Magensteine von Taf. 10, Fig. 1-3; Steintypus: Devoralith-Alimentolith-Exolith

Fig. 4: Hippolithen auf Holzständer im alten Naturalienkabinett des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen; Steintypus: Somatit-Konkrement-Gastrolith s.s.

Tafel 1



Tafel 2

Fig. 1: Sehr großer Hippolith aus der Sammlung des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen (Du: 19,8 cm, Gew.: 9,690 kg); Steintypus: Somatit-Konkrement-Gastrolith s.s.

Fig. 2: Faustgroßer Hippolith aus der Sammlung des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen (Länge: 7,5 cm, Gew.: 300 g); Steintypus: Somatit-Konkrement-Gastrolith s.s.

Fig. 3: Blasensteine aus der Sammlung des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen (Du-groß: 5,2 cm lang); Zettel mit Aufschrift: Joseph Sauer von Steinheim, 23 J. alt, 1844 – es ist nicht bekannt, ob der junge Mann damals verstorben war), Steintypus: Somatit-Konkrement-Urolith s.s.

Fig. 4: Blasenstein aus der Sammlung des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen (Du: etwa 8 cm); Steintypus: Somatit-Konkrement-Urolith s.s.

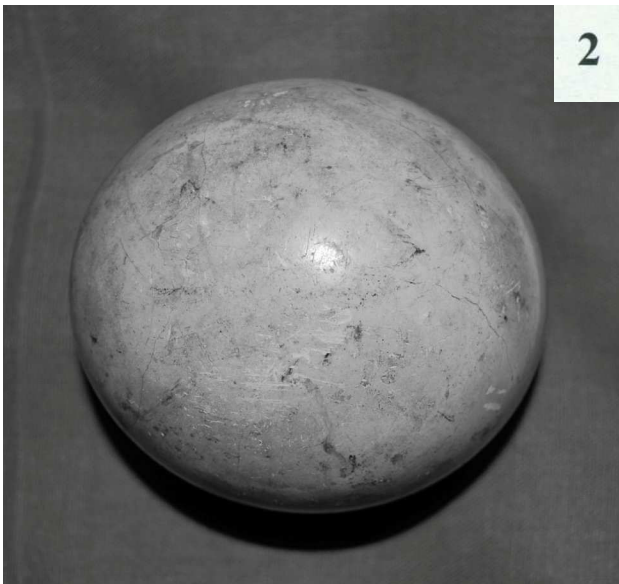
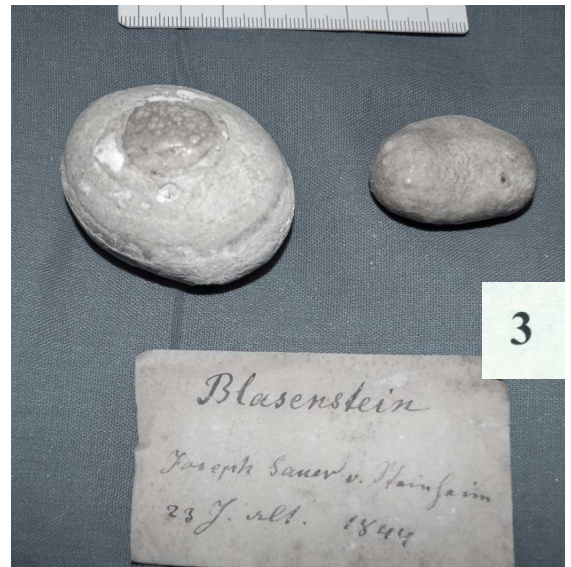
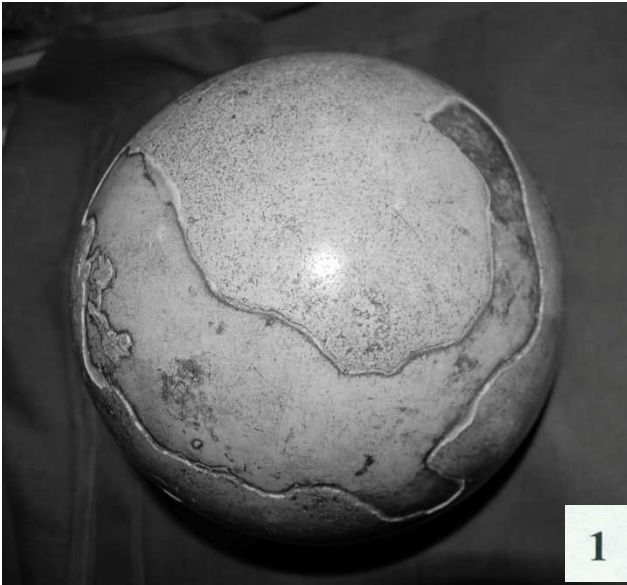
Fig. 5: Großer, symmetrisch zweiseitig gebogen-wurstähnliche Koprolith Typ II (sensu SCHMITZ 1991, Gruppe 15) aus dem Eozän von Stolzenbach, vermutlich ein Krokodil (*Diplocynodon?*), aber auch ein Anthracotherium möglich (vgl. Taf. 13, Fig. 3); Sammlung des Naturkundemuseums in Kassel (Ottoneum), Inv.Nr. OSCH-373; (Länge des Koprolithen 9,5 cm); Steintypus: Somatit-Exkrement-Koprolith

Fig. 6: Riesiger Hippolith aus der Sammlung der Zoologischen Staatssammlung München (Du: 27,0 x 25,5 cm, Gew.: 16,550 kg; Inv.Nr. 09-057);

Fig. 6a: Gesamtansicht;

Fig. 6b: Schalenbau; Steintypus: Somatit-Konkrement-Gastrolith s.s.

Tafel 2



6

Tafel 3

Fig. 1: Verschiedene Bezoare aus der der Sammlung des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen, einer aufgeschnitten und die Innenhaare zeigend (letzteres Du= 7 cm); Steintypus: Somatit-Konkrement-Bezoar

Fig. 2: Ausschnitt aus dickhaarigem Bezoar; Sammlung des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen; Steintypus: Somatit-Konkrement-Bezoar

Fig. 3: Schachtel mit aufgebrochenem Blasenstein aus der Sammlung des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen mit konzentrischen Zuwachsrings im Kalk und blumenkohlartiger Oberfläche; Steintypus: Somatit-Konkrement-Urolith s.s.

Tafel 3



Tafel 4

Fig. 1: “Übersetzer” Begleitzettel zum Hippolithen aus Taf. 1, Fig. 1 (Original in deutscher Schrift siehe dort); Steintypus: Somatit-Konkrement-Gastrolith s.s.

Fig. 2: Ausgewählte Krebsaugen (Lapides cancrorum) aus der Sammlung des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen; Steintypus: Somatit-Konkrement-Horreolith (Crusta-Horreolith)

Fig. 3: Haufwerk von Krebsaugen (siehe Fig. 2)

Fig. 4: Originalzettel für Krebsaugen aus der Apotheke in Lauingen (wohl vor 1900)

Fig. 5: Fläschchen mit Waidkörnern von Haselhuhn, Birkhuhn und Ringeltaube, mit einer durchschnittlichen Körnergröße von 3-5 mm; Zoologische Staatsslg. München; Steintypus: Devoralith-Alimentolith-Avi-Alimentolith; (freundl. Erlaubnis UNSÖLD)

Fig. 6: „Magensteine“ eines Auerhuhns bis 5 mm Größe; Zoologische Staatsslg. München (freundl. Erlaubnis UNSÖLD); Steintypus: Devoralith-Alimentolith-Avi-Alimentolith;

Die große Kugel
wiegt 7 kg

Kalk - Konkreme nte

Aus dem Darm eines schweren Müllerpferdes. Diese Gebilde entstehen aus der von Müllerpferden reichlich verfütterten Kleie, in der Kalzium- und Magnesiumsalze enthalten sind. Um ein zuerst ganz kleines Kügelchen setzen sich immer weitere konzentrische Schichten ab, bis die Kugel so groß wird, daß sie auf natürlichem Wege nicht mehr entfernt werden kann und das Pferd verendet.

übergeben
am 06.09.1934

Geschenk von
Frau Oberveterinärinrat Bauer

1

Tafel 4



2



5



3



6

4

Lapides cancerorum
Krebsrügen
(Kümpfligen)

Leininger Apotheke.

Tafel 5

Fig. 1 bis 3: Koproolith vom Josefstobel bei Eberhardzell (Ochsenhausen); Leg. S. STRAUSS 1983; Inv. Nr. 2122-2012/2 im Naturmuseum Augsburg; Steintypus: Somatit-Exkrement-Koproolith

Fig. 1: von oben, Gesamtansicht auf Tonplatte mit Koproolith

Fig. 2: Vergrößerung des Kopfteiles

Fig. 3: seitliche flache Ansicht auf der tonigen Sedimentplatte



1

2



3



Tafel 6

Fig. 1 - 6: Querschnitt eines Koproolithen aus der Sondermülldeponie Gallenbach bei Dasing (Krs. Augsburg); Obere Süßwassermolasse, Mittelmiozän; Leg Schmid 1984; Inv. Nr. 2122-2012/1 im Naturmuseum Augsburg; Steintypus: Somatit-Exkrement-Koproolith

Fig. 1 - 5: Maßstab oben links in mm

Fig. 1: Grätenrest in der kompakten Masse (Pfeil); Dünnschliff

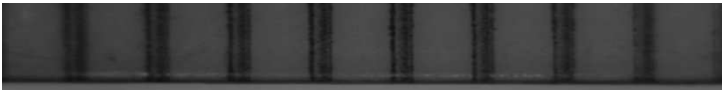
Fig. 2: Fischkieferrest (Pfeil); Dünnschliff;

Fig. 3: großer Knochenrest in der Grundmasse (Pfeil); Dünnschliff

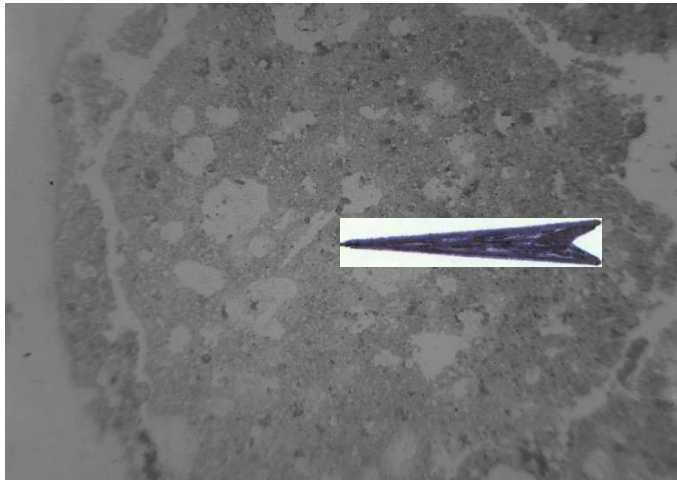
Fig. 4: dunkle Außenhaut (rechts) mit Knochenrest (Pfeil); Dünnschliff

Fig. 5: zerbissene Knochen und Gräten sowie Steinchen (Pfeil); Dünnschliff

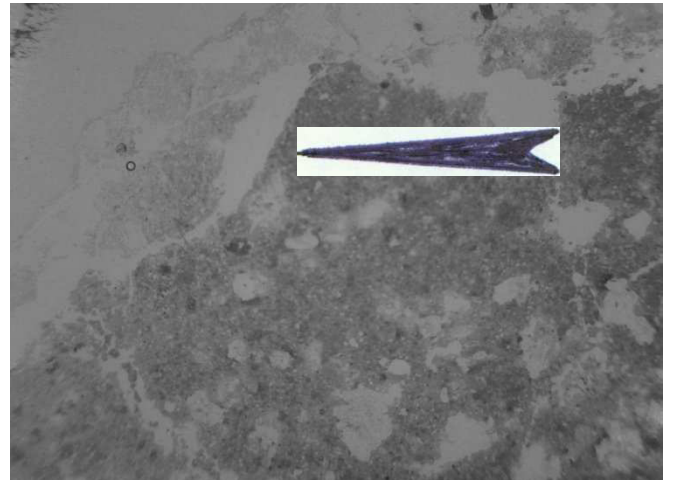
Fig. 6: Aufsicht auf Querschnitt des Koproolithen mit kleinen Steinchen (Pfeil), Maßstab extra



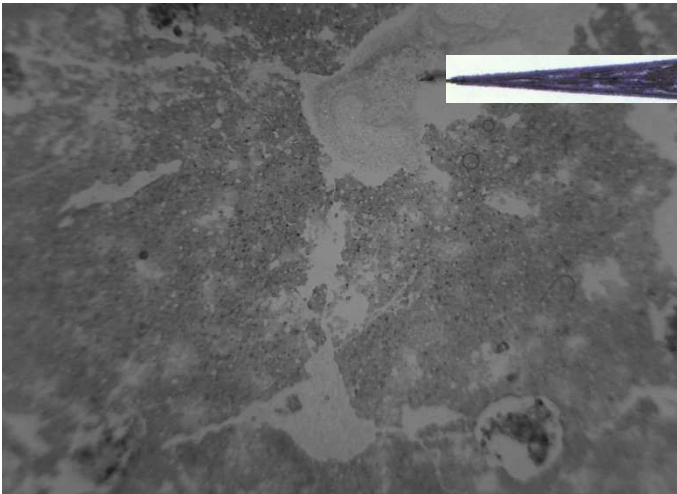
Tafel 6



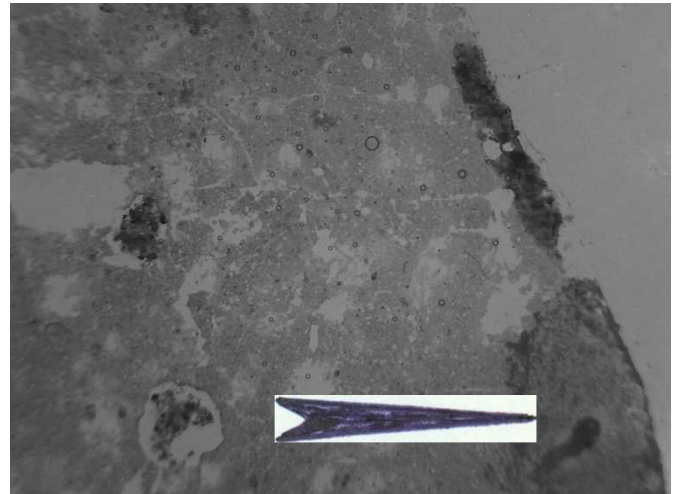
1



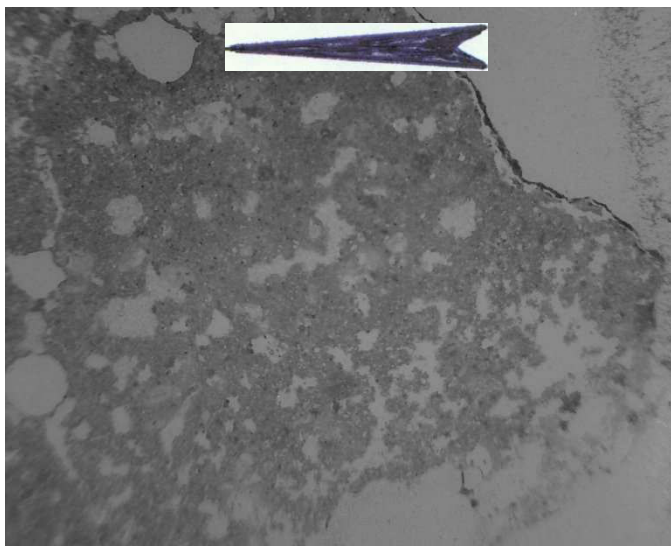
2



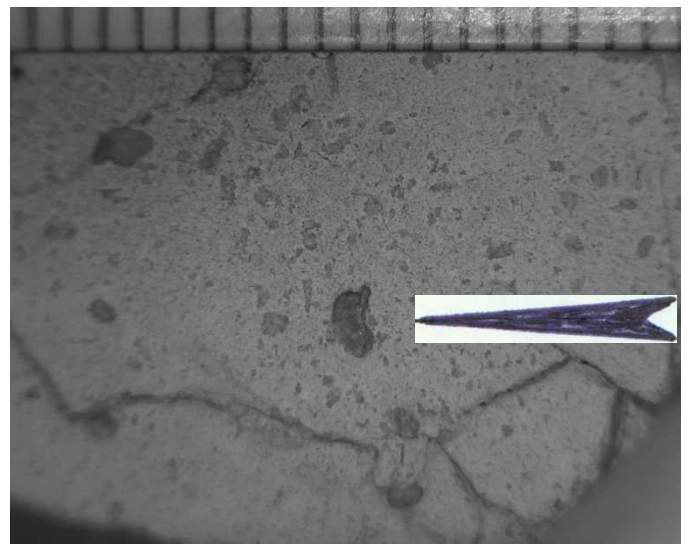
3



4



5



6

Tafel 7

Fig. 1: Quarzkörner (Waidkörner, Grit) aus der Dachrinne auf dem Anwesen des Autors GREGOR (Olching), durch Vögel, speziell Tauben mit dem Kot dorthin verfrachtet; Sammlung des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen; Steintypus: Devoralith-Alimentolith-Avi-Alimentolith bzw. Xeno-Alimentolith

Fig. 2: Vergrößerung von Fig. 2

Fig. 3 und 4: Fotos von der Exkursion nach Indien (E 1066-104) des Autors GREGOR im Jahre 1996;

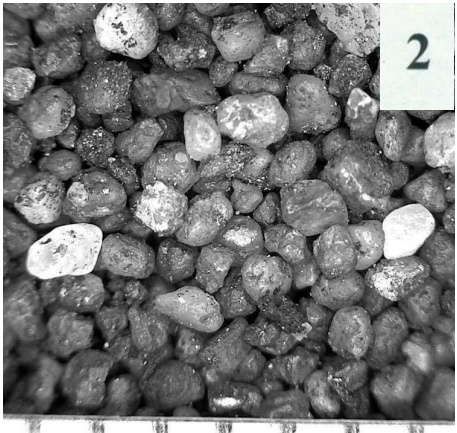
Fig. 3: Elefantendung, aufgebrochen und des "strohigen" Inhalt zeigend (Fundort siehe Fig. 4); Steintypus: Somatit-Exkrement-Faeces (Dung)

Fig. 4: Originaler Elefantenkot in situ am Ufer des Lake Periyar (Elephant Reserve, Kerala, Indien); Steintypus: Somatit-Exkrement-Faeces (Dung)

Fig. 5: Gallenstein, angesägt und -poliert, aus der Coll. Ch. MAYR, Fürstenfeldbruck; Steintypus: Somatit-Konkrement-Nephrolith

Fig. 6: Cololith aus dem Jungtertiär der Niederrheinischen Braunkohle, Tgb. Hambach, leg. V. OSCHKINIS, Borken (†); Sammlung des Naturmuseums Augsburg; Steintypus: Somatit-Konkrement-Cololith

Tafel 7



Tafel 8

Fig. 1-3: Material von der Straußenfarm Donaumoos (Fam. ENGELHARDT); Material im Naturhistorischen Museum in Dillingen; Steintypus: Devoralith-Alimentolith - Endo-Alimentolith bzw. Avi-Alimentolith

Fig. 1: Mageninhalt eines Straußen mit halbverdaulichem Grünzeug und Magen-Steinchen dazwischen

Fig. 2: Säuregrad des Straußen-Mageninhaltes mit Lackmus-Streifen gemessen (pH=1-2)

Fig. 3: aufgeschnittener Magen mit Inhalt (Grünzeug und Steinchen) in situ



Tafel 8



Tafel 9

Fig. 1-2: Material von der Straußenfarm Donaumoos (Fam. ENGELHARDT); Material im Naturhistorischen Museum in Dillingen; Steintypus: Devoralith-Alimentolith-Endo-Alimentolith bzw. Avi-Alimentolith

Fig. 1: Haldensteine (Quetschwerkmaterial) auf der Straußenfarm, mit stumpfem Glanz und relativ großer Körnung

Fig. 2: Magen-Steinchen des Straußes mit vielen kleineren Komponenten und deutlich farbiger, polierter Oberfläche; Steintypus: Devoralith-Alimentolith-Endo-Alimentolith bzw. Avi-Alimentolith

Fig. 3: “Dino-Dung” – angeschliffenes und anpoliertes Handstück von der Mineralienbörse München mit farbigen Achatausfällungen; Material im Naturmuseum Augsburg (Eingangsnr. /1599); Steintypus: Somatit-Exkrement-Koprolith

Fig. 4: angeschliffener Cololith von Madagaskar mit homogenem Gemenge; Material im Naturmuseum Augsburg (Eingangsnr. /1942); Steintypus: Somatit-Konkrement-Cololith



Tafel 9



Tafel 10

Fig. 1: Magenstein eines Dinosauriers im Gestein, aus Coll. KRAUTWORST, Petrefakta Fossilienmesse Stuttgart-Leinfelden; Herkunft: Mittlere Morrison Formation - Ob. Jura, Kaycee, Wyoming, USA; Steintypus: Devoralith-Alimentolith-Exolith

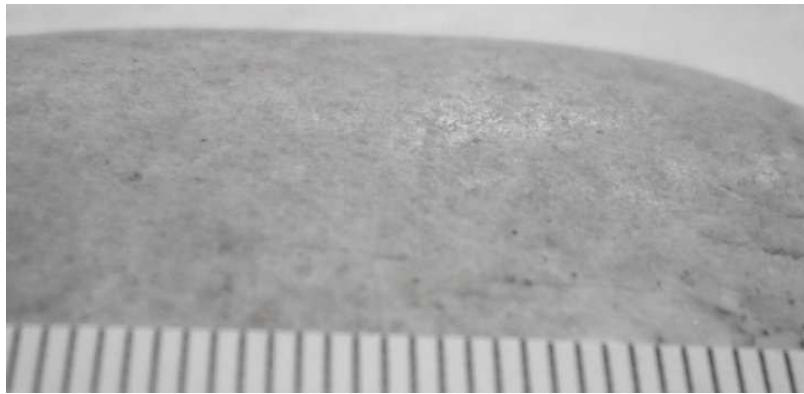
Fig. 2: Zwei einzelne Magensteine eines Dinosauriers, mit polierter Oberfläche aus Coll. KRAUTWORST, Petrefakta Fossilienmesse Stuttgart-Leinfelden; Herkunft: Mittlere Morrison Formation - Ob. Jura, Kaycee, Wyoming, USA; Steintypus: Devoralith-Alimentolith-Exolith

Fig. 3: leicht glanzschimmernde Oberfläche des Magensteines von Fig. 2 unten (durch Säure angelöst); Steintypus: Devoralith-Alimentolith-Exolith

Fig. 4: Dinosaurierknochen: Redfork Grabung von U. KRAUTWORST, diplodocide Sauropoden in Overbank deposits (Überflutungssedimente); nahe dieser Knochen wurden die „Gastrolithe“ von Taf. 10, Fig.1-3 gefunden. Betrifft Steintypus: Somatit-Devoralith-Sauro-Alimentolith (Exolith)



Tafel 10



Tafel 11

Fig. 1: Kotballen eines Breitschnauzen-Kaimans aus der Wilhelma in Stuttgart; Sammlung des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen; Steintypus: Somatit-Exkrement-Faeces

Fig. 2, 3: Regenwurm-Kalkkonkremente aus dem würmeiszeitlichen Löß von Bobingen südlich Augsburg; Sammlung LAUTER-Beton Bobingen; Steintypus: Somatit-Konkrement-Lumbriculith

Fig. 2: Haufwerk verschiedener Lumbriculithe

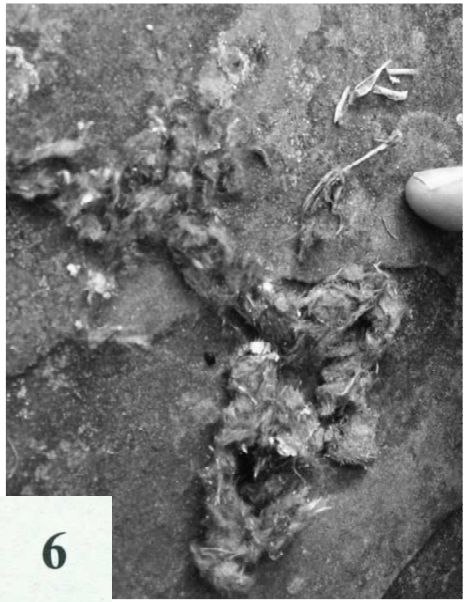
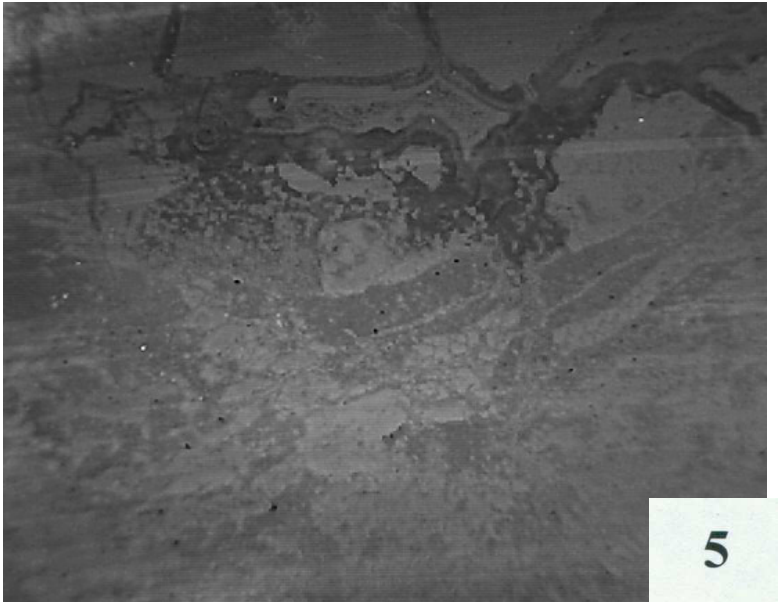
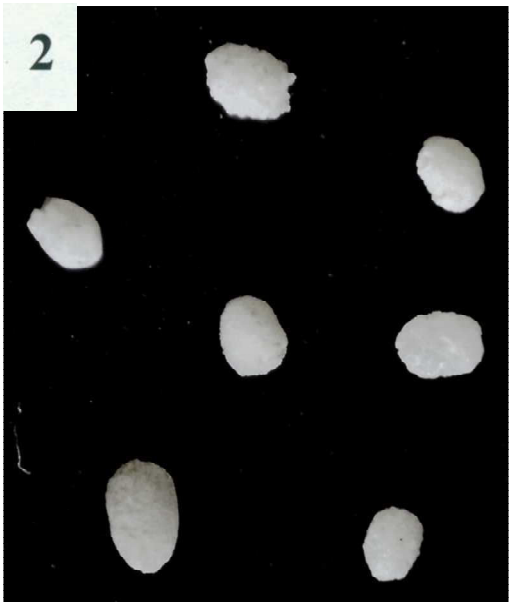
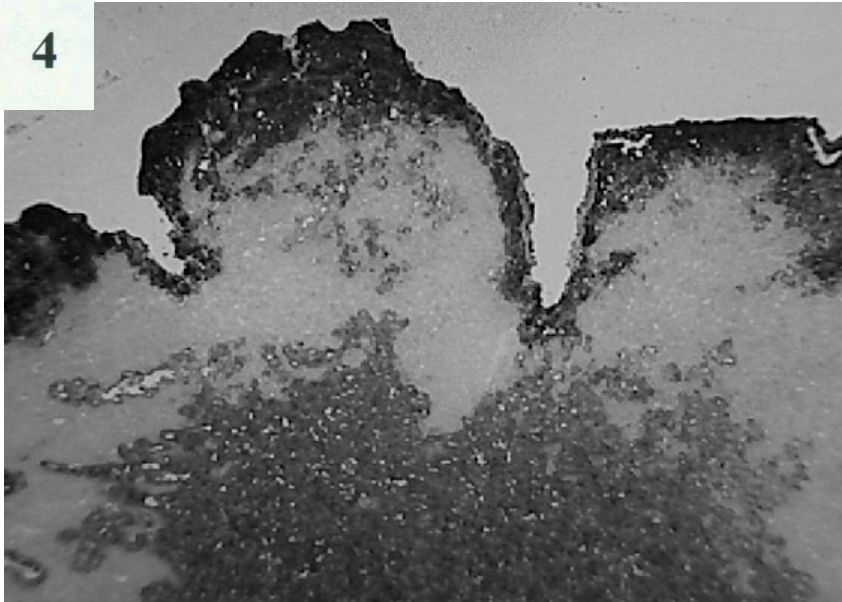
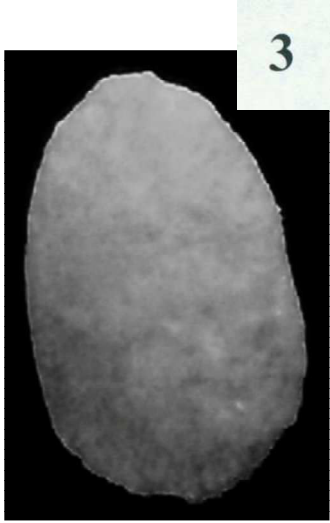
Fig. 3: einzelnes Exemplar

Fig. 4: Dünnschliff des Cololithen von Taf., Fig. mit dunkler Außenrinde und sehr dichtem Inhalt ohne Strukturen; Sammlung des Naturmuseum Augsburg; Steintypus: Somatit-Konkrement-Cololith

Fig. 5: Dünnschliff der Platte „Dino-Dung“ von Taf. , Fig. mit wolzig verlaufenden Schlieren im Achat – ohne erkennbare Nahrungsreste (Knochen, Früchte etc.); Sammlung des Naturmuseum Augsburg; Steintypus: Somatit-Exkrement-Koprolith (Dino-Dung)

Fig. 6: Gewölle eines Uhu (?), Pfarrkirche St. Johann Baptist in Nideggen mit Fußresten eines Singvogels; Leg. R. LEUNISSEN; Steintypus: Somatit-Exkrement-Spuerolith

Tafel 11



Tafel 12

Fig. 1-6: Material im Naturmuseum Augsburg, Biologische Sammlung; Fotos von diversen Exkursionen nach Sardinien des Autors GREGOR

Fig. 1-6: Auswaschungshöhle Su Coloru bei Laerru (Perfugas, N-Sardinien) mit mächtigen Fledermaus-Guano-Anhäufungen (eigene Untersuchung); Steintypus: Somatit-Exkrement-Faeces (Guano);

Fig. 1: Haufen von Guano an der Wand in der Höhle Su Coloru bei Laerru auf Sardinien

Fig. 2: Bodensatz mit Guano, besetzt mit bläulichen Schimmelpilzen

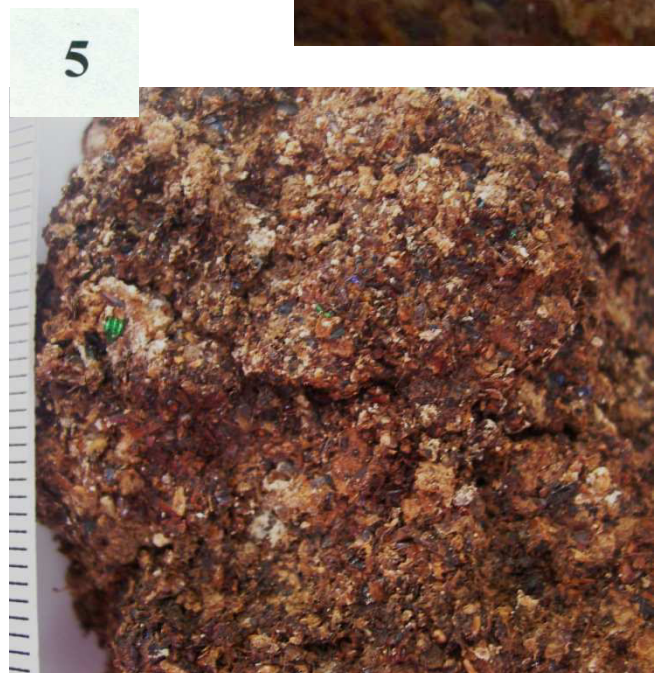
Fig. 3: ehemaliger Gang in einer Kalkwand der Höhle, gefüllt mit Guano

Fig. 4: Handstück Guano, unpräpariert; Insektenreste im Guano der Fledermäuse aus der Höhle Su Coloru

Fig. 5: Handstück Guano, mit Peroxid sterilisiert, farbige Käferflügel zeigend (Fig. 4)

Fig. 6: grün schillernder Käferflügel im Guano

Tafel 12



Tafel 13

Fig. 1: *Lumbricaria*, eine Kotschnur eines Tintenfisches (Kotschnurgröße etwa 10 cm); Sammlung des Naturhistorischen Museums Dillingen; Steintypus: Somatit-Exkrement-Koprolith

Fig. 2: Flasche mit Inhalt „Walrat“ und freiliegende Stücke in der Sammlung des Naturhistorischen Museums Dillingen; Steintypus: Somatit-Konkrement-Spermaceti

Fig. 3: *Anthracotherium*-Koprolith (? , aus Wikipedia, ohne Maßstab), vermutlich um die 10 cm lang); Steintypus: Somatit-Exkrement-Koprolith

Fig. 4-6: Fotos von der Exkursion E 1066-8 (2011) von Autor GREGOR

Fig. 4-6: Kotpillen eines Kleinkrebses am Sandstrand von Odarevu nahe Mumbai (S-Indien)

Fig. 4: Sandfläche mit Kothäufchen, die deutlich die Auswurfriichtung zeigen

Fig. 5: Großer Krebs mit Kotpillen

Fig. 6: Vergößerung der Peloide (Du: 3 mm) auf dem Sand mit Grabgang

Tafel 13



Tafel 14

Fig. 1: „Fecal Pellets“ – Pelloide in einem Spalt eines Kieselholzes aus dem Ortenburger Schotter von Rauscheröd (Brackwassermolasse, Unteres Miozän, Coll. KRAHN, Forsthart); Steintypus: Somatit-Exkrement-Koprolith (Peloid);

Fig. 2, 3 und 4:

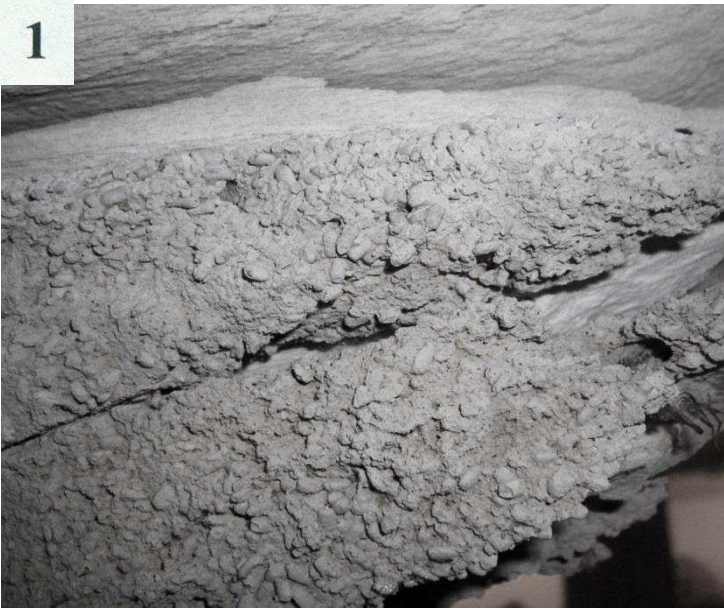
Material im Staatliche Museum für Naturkunde Stuttgart, nähere Daten siehe Anhang

Fig. 2: Rezente Kotballen (Faeces, ca: ca. 4 cm groß) einer Streifenhyäne (*Hyaena hyaena* (Linnaeus 1758) mit Fundzettel (nähere Daten aus dem Staatl. Mus. Naturkd. Im Anhang) mit Original-Sammlungsetikett von O. FRAAS; Steintypus: Somatit- Exkrement - Faeces

Fig. 3: Originalzettel von FRAAS 1865

Fig. 4: Koprolith einer Höhlenhyäne *Crocota crocuta spelaea* aus dem Travertin von Untertürkheim, Stbr. Lauter, Eem-Interglazial; Größe: Länge 14,2 cm, Breite 8,5 cm, Höhe 6,5 cm; Steintypus: Somatit- Exkrement-Koprolith

1



Tafel 14

3



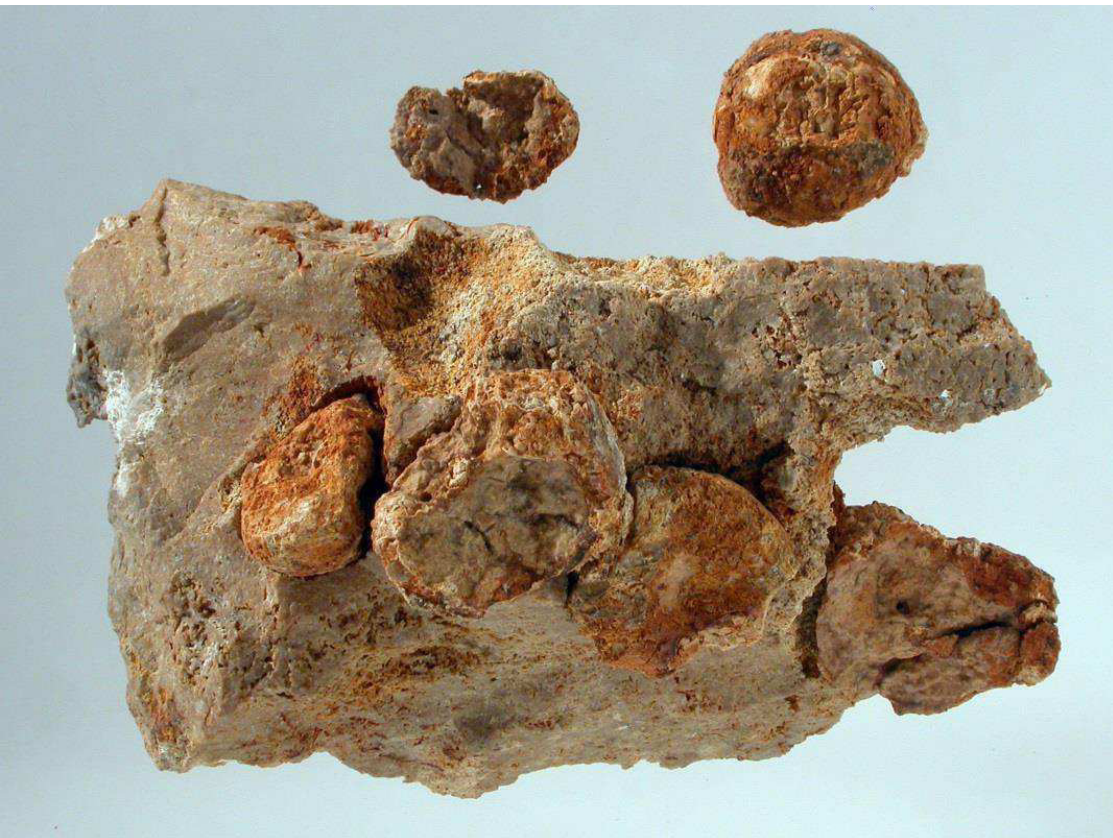
2



5



4



Tafel 15

Fig. 1-11: Material A.E. RICHTER; Steintypus: Somatit- Inkrement – Cololith

Fig. 1 bis 4: Cololithe aus dem Miozän (Wilkes-Formation) der „Salmon Creek sites“ südlich Toledo, Lewis County, Bundesstaat Washington/USA. Die Stücke sind in Siderit umgewandelt und haben teilweise aufgebrochene Oberflächen. 1: 8,5 cm; 2: 5 cm; 3: 5,7 cm; 4: 2,7 cm („vom Biber“).

Fig. 5 bis 9: Cololithe aus dem (?) Alttertiär von Madagaskar. Als Fundort wird meist „Gegend von Farafangana“ in der Region Atsimo-Atsinanana im Südosten Madagaskars angegeben. Die sideritisch überlieferten madagassischen (madegassischen) Cololithe haben weitgehend aufgerissene Oberflächen. Die Größe liegen zwischen 5 cm (No. 5) und 11,7 cm (No. 9).

Fig. 10: Permische und tertiäre Cololithe sind zum Verwechseln ähnlich, obwohl sie sicher von verschiedenen Wirbeltier-Klassen stammen (aus SEILACHER 2003, mit dessen Original-Abbildungs-Text, nach SEILACHER et al. 2001).

Fig. 11: In weniger gewundenen Cololithen erkennt man Abschnitte, deren gegensinnig zugespitzte Enden sich umeinander schmiegen. Darin spiegeln sich lokale Muskel-Kontraktionen. Sie transportieren den Darminhalt wie die Metzger-Faust um eine Wursthaut (aus SEILACHER 2003, mit dessen Original-Abbildungs-Text, nach SEILACHER et al. 2001).

Tafel 15



Abbildung 10:

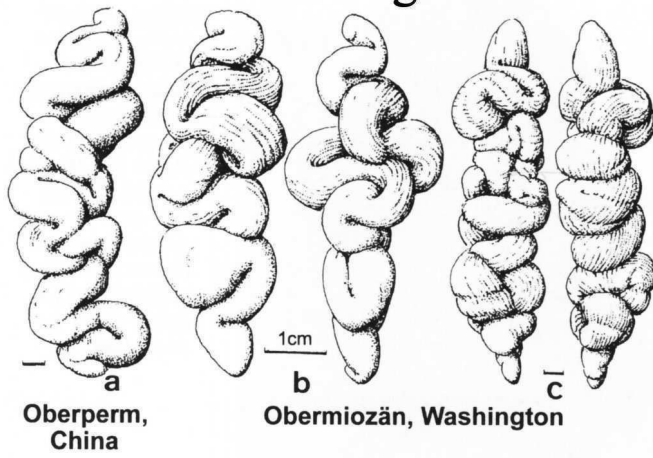
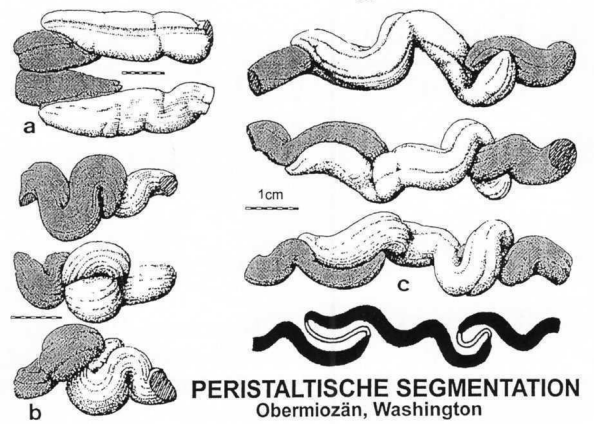


Abbildung 11:



Tafel 16

Fig. 1-21: Material A.E. RICHTER; Steintypus: Somatit- Exkrement - Koprolithe

Fig. 1-14: Koprolithe von Sauropoden aus dem Oberjura (Morrison Formation; Brushy Basin Member). Brushy Basin bei Moab, Emery County, Utah/U.S.A.

Fig. 1 bis 14: Koprolithe von Sauropoden aus dem Oberjura (Morrison Formation; Brushy Basin Member). Brushy Basin bei Moab, Emery County, Utah/U.S.A.

Fig. 1 und 2: Polierte Fläche ca. 10,5 x 9 cm (Kopro 7). Achatisierungen; in der Quarzmasse schwarze Einlagerungen, die evtl. pflanzlichen Ursprungs sind.

Fig. 3 und 4: Polierte Fläche ca. 12 x 10 cm (Kopro 8). Nicht zuordenbare runde Verfärbungen/Hofbildungen, vermutliche Mineralisationen.

Fig. 5 und 6: Polierte Fläche ca. 9 x 7 cm (Kopro 9). Schwarze etwas größere Einlagerungen im inneren Bereich.

Fig. 7 und 8: Polierte Fläche ca. 8 x 8,5 cm (Kopro 12). Schwarze etwas größere Einlagerungen im inneren Bereich. Fig. 7 ist eine Schräg-Aufsicht mit erkennbarer Außenfläche

Fig. 9 und 10: Polierte Fläche ca. 10,5 x 9 cm. Achatisierungen, schwarze Einlagerungen. Abb. 10 ist eine Schräg-Aufsicht mit erkennbarer Außenfläche (Kopro 14).

Fig. 11 bis 14: Polierte Fläche ca. 10 x 8 cm (Kopro 10). Karneolisierungen, schwarze Einlagerungen, auch größere Fetzen (Fig. 13 und 14).

Fig. 15-18: Pelloide aus dem Pliozän und der Kreide (Belgien, Niederlande)

Fig. 15 und 16: Pelloide von Sedimentfressern, vermutlich von endobiontischen Crustaceen. Pliozän (Oorderen-Sande); Verrebroekdok bei Kallo N Antwerpen/Belgien. Die Kotpillen treten in diesem Gestein zusammen auf mit Foraminiferen (z.B. Quinque- und Spiroluculinen, *Cibicides*, Textularien, *Globulina*, *Glandulina*), Ostrakoden, Schlangensterne-, Seeigel-, Balaniden-Resten. Ca. 0,5 - 1 Millimeter, in der typischen pillenförmigen Ausbildung mit rauer zerrissener Oberfläche und inhomogenem Sedimentbestand.

Fig. 17 und 18: Glattschalige und glänzende Pelloide mit schöner Zeichnung - sie sind "marmoriert". Oberkreide; Obermaastricht (Maastricht Formation). Steinbruch ENCI, St. Pietersberg, Maastricht/Holland. Länge ca. 1 bis 2 mm. Sie treten zusammen auf mit zahlreiche Stachelhäuter-Resten (Seelilien prominent, Seesterne, Schlangensterne, Seeigel), seltenen Bryozoen-Resten, Brachiopoden, sehr seltenen Foraminiferen, Ostrakoden, Muscheln, Panzerplatten von Entenmuscheln, Haizähne und sonstigen Fischresten.

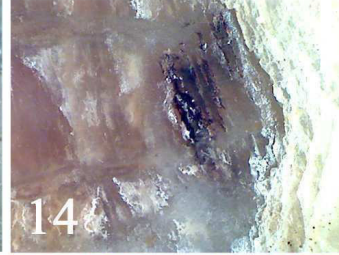
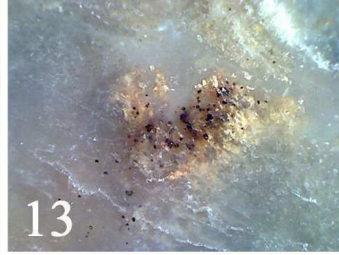
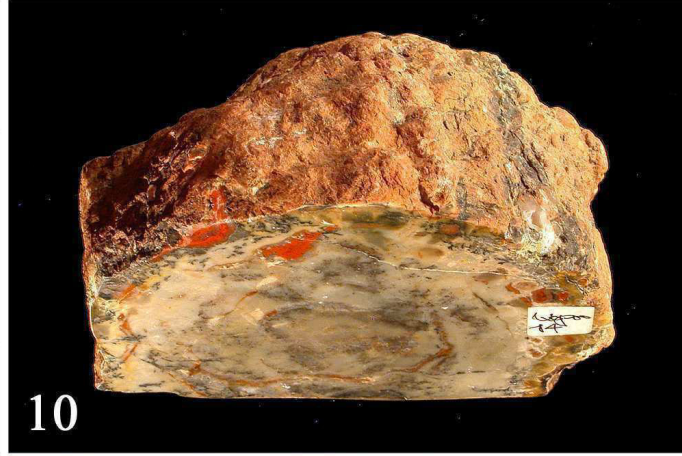
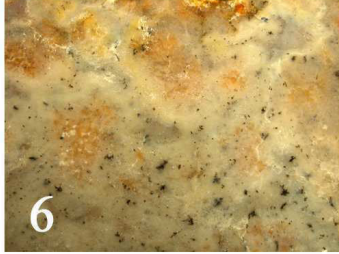
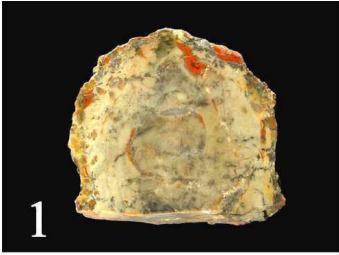
Fig. 19-21: Ichthyosaurier-Koprolithen aus England und von Mistelgau

Fig. 19 und 20: Ichthyosaurier-Koprolithen. Unterjura; Sinemur. Black Ven zwischen Charmouth und Lyme Regis, Lyme Bay, Dorsetküste/Südengland. Mit klar erkennbaren Fraßresten wie Schuppen, Zähnen, Gräten usw., teils auch mit sehr kleinen Belemniten-Phragmokon-Bruchstücken. Oberfläche geschliffen und poliert.

Fig. 19: Mittig gesägt; Schnittfläche plan geschliffen und poliert. Fläche 6,3 x 4,3 cm.

Fig. 20: Allseitig formfolgend geschliffen und poliert. 6,5 x 3,4 x 2,3 cm.

Fig. 21: Phosphatischer Koprolith, zusammen mit einem Ichthyosaurier-Wirbel, auf einer Platte des legendären „Belemniten-Schlachtfeldes“. Unterjura; Obertoarc (Schwarzjura ζ; Dumortierien-Zone). Mistelgau bei Bayreuth/Bayern. Durchmesser des Koprolithen ca. 3 cm.



Tafel 17

Fig. 1-4: Versuch, die Steinchen von der Halde und aus dem Straußenmagen bei den Oberflächen zu vergleichen; Sammlung des Naturhistorischen Museums der Akademie Dillingen;

Fig. 1, 2: Steinchen (A) aus dem Kieshaufen vom Quetschwerk,

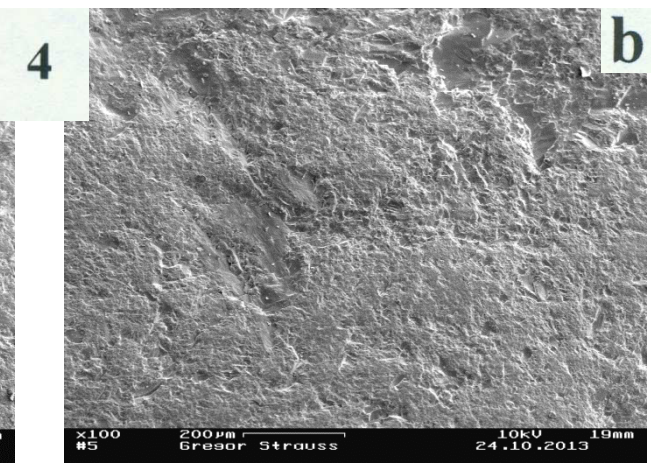
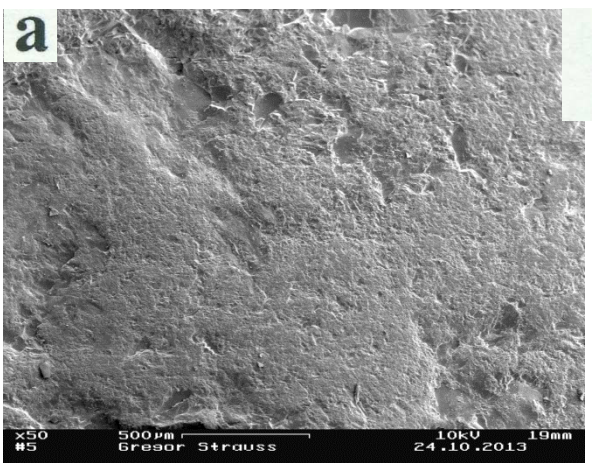
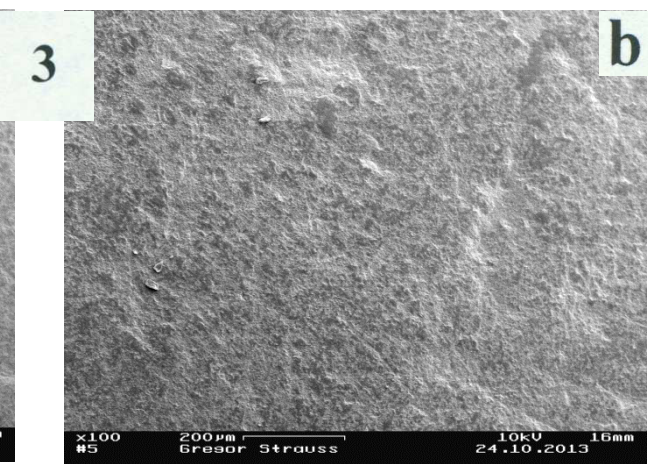
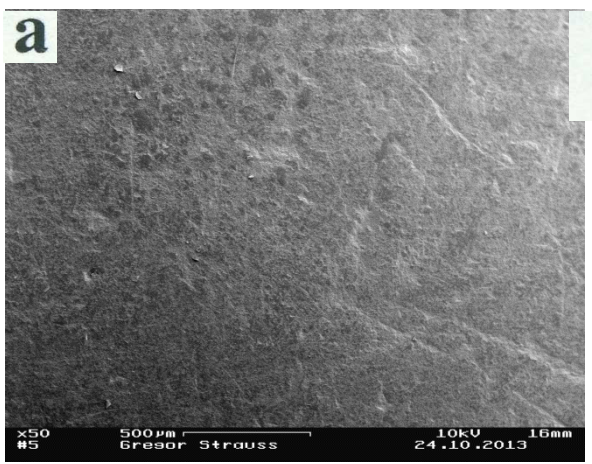
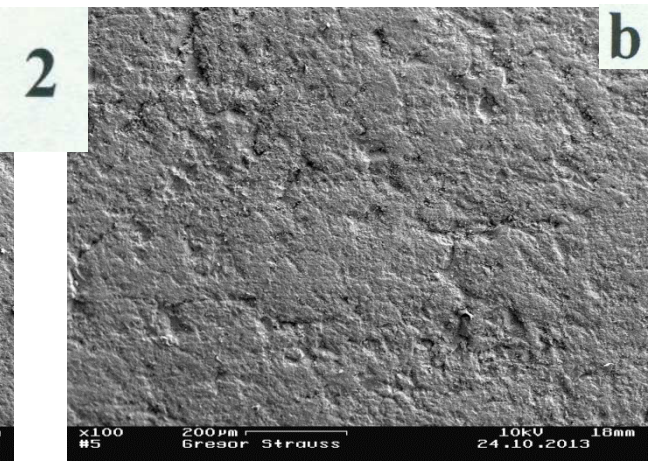
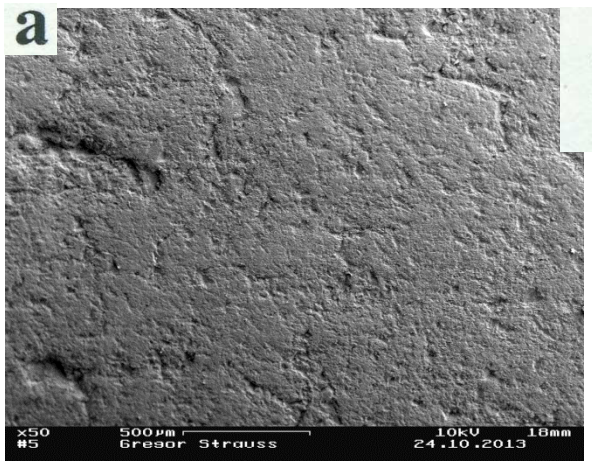
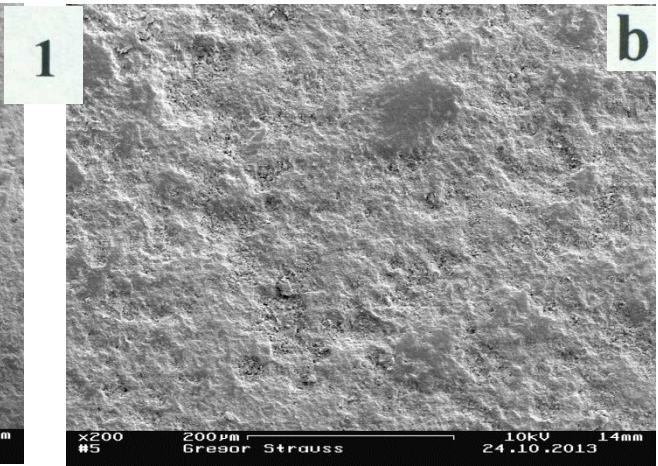
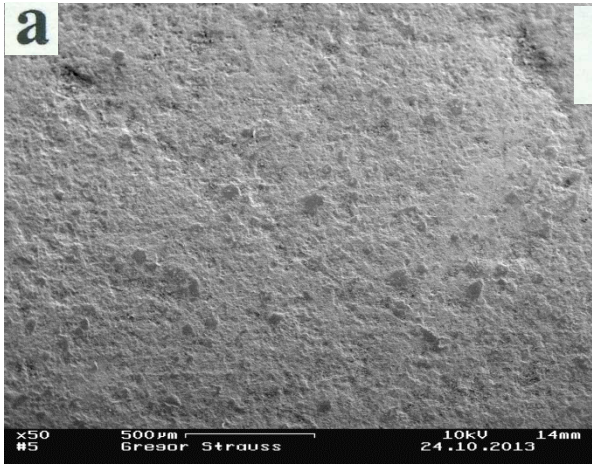
Fig. 1: Radiolarit (A1), Exemplar original verwittert, (a: 50x, b: 200x)

Fig. 2: Quarzit (A2), Exemplar original verwittert, sehr rauh, (a: 50x, b: 100x)

Fig. 3, 4: Steinchen (B) aus dem Straußenmagen, angeätzt

Fig. 3: Radiolarit (B1), Exemplar mit Oberfläche fein geschliffen, (a: 50x, b: 100x)

Fig. 4: Quarzit (B2), Exemplar mit Oberfläche grob, geschliffen, (a: 50x, b: 100x)



Tafel 18

Fig. 1-7: Pelloide aus der Braunkohle (Kohle über Flöz Garzweiler) des Tagebaues Hambach (RWE Power, vgl. Appendix 4); Sammlung des Naturmuseums Augsburg

Fig. 1: Komposition mehrerer Individuen, eines davon aufgebrochen (x 25)

Fig. 1a: aufgebrochenes Exemplar aus Fig. 1 (Vergrößerung x 100)

Fig. 1b: Vergrößerung aus Fig. 1a (x 200)

Fig. 1c: Vergrößerung aus Fig. 1a (x 500)

Fig. 2: Vier „Pellets“ im Verband (x 31)

Fig. 3: ein Pelletabdruck und ein körperlich erhaltenes Pelloid (x 37)

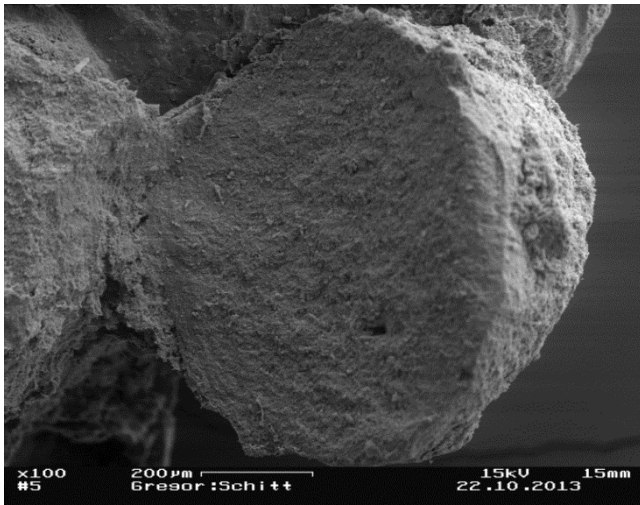
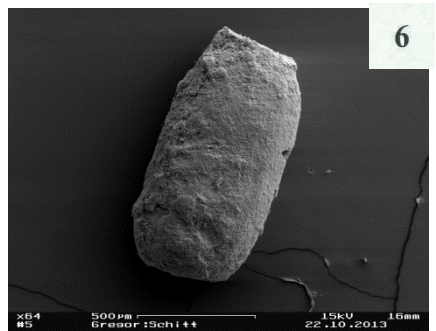
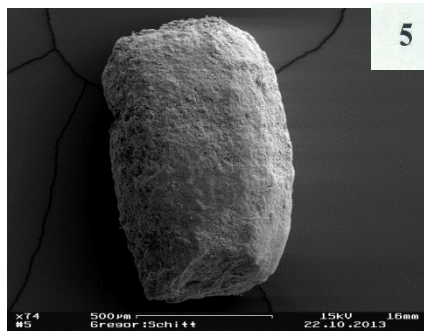
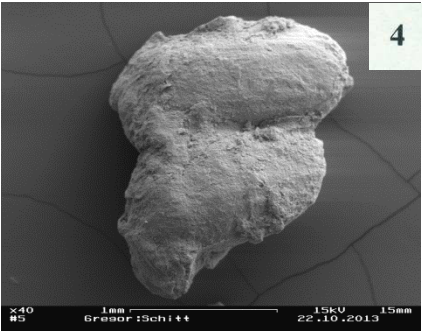
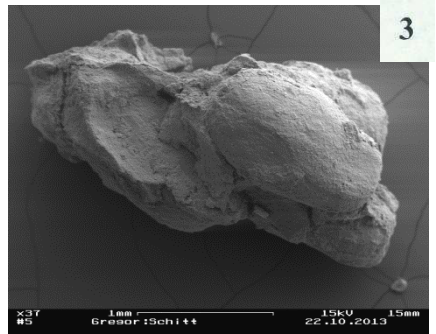
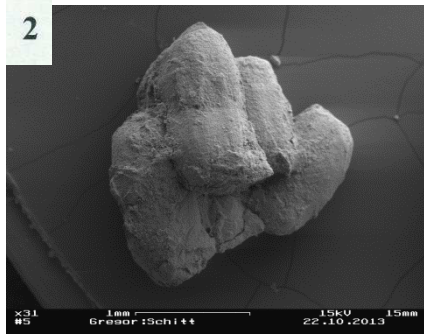
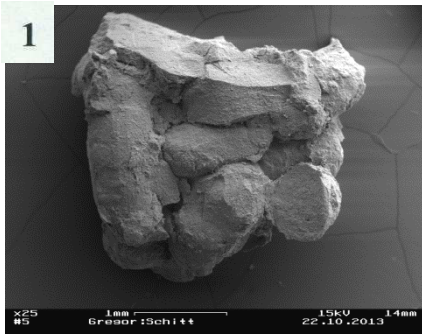
Fig. 4: zwei Pellets im Verband (x 40)

Fig. 5: ein ovales Pelloid (x 74)

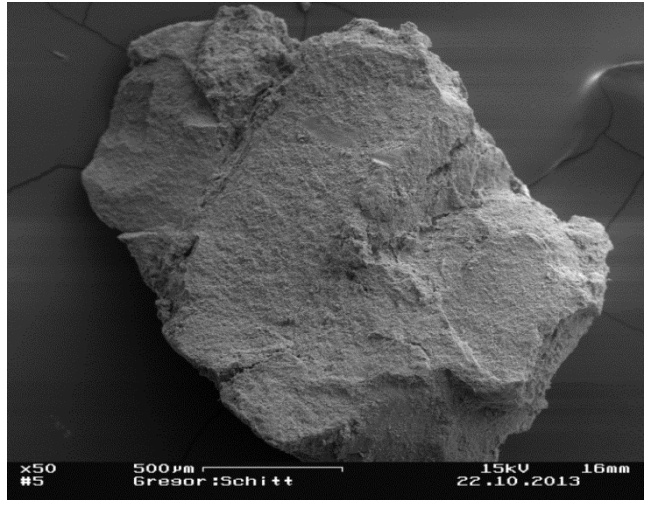
Fig. 6: ovales Pelloid mit kantigem Braunkohlenrest (oben, x 64)

Fig. 7: Pelloid-Längsschnitte mit amorphem Gefüge (x 50)

Tafel 18



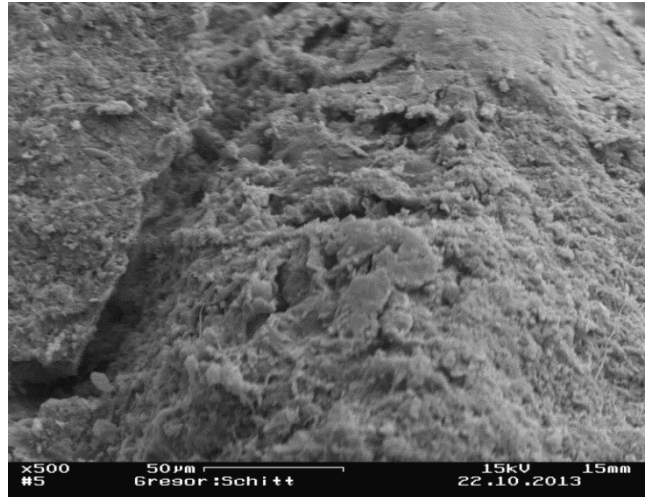
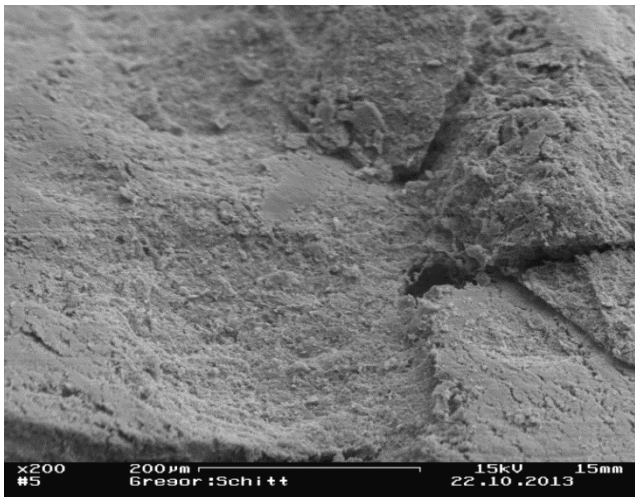
1a oben



7 oben

1b unten

1c unten



Appendix**Nähere Daten zu diversen Fundstücken bzw. Bildern****Appendix 1: Zu Tafel 14, Fig. 2****Objektinformation 20.09.2013****Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart***Sammlung:* Quartäre Säugetiere (PQM) *Status:* Inventarisiert *Bereich:* Paläontologie*Objektbezeichnung:* Streifenhyäne (Kotballen)*Taxon:* *Hyaena hyaena* (Linnaeus 1758)*Inv.-Datum:* 19.09.2013 *Inventarnummer:* 35287 *Stück:* 1*Schlagworte:* Faeces, Koproolith*Standort:* Quartärmagazin S115: S-Schrank*Eingangsnummer:* 31127/2013 *Eingangsdatum:* 19.09.2013*Altbestand**Fundort/Herkunft:* Egypt*Ereignisse:* Ägypten- und Palästina-reise Oscar Fraas 1864/65*Beschreibung:* 4 Kotballen

Größe Länge 45 mm, 42 mm, 38 mm, 2 aneinander: 38 mm

Bemerkungen: "Hyaenenlösung aus der ägyptischen Wüste".*Bio-Chronostr.:* rezent*Datumsangaben:* Funddatum 1865*Orte:* Fundort/Herkunft Egypt

Ansicht Etikett

Ordnung: Carnivora*Familie:* Hyaenidae

Finder: Fraas, Oscar

Geburtsdatum: 17.01.1824||Sterbedatum: 22.11.1897

Geburtsort: Lorch <O>||Sterbeort: Stuttgart <Gm>

Appendix 2: Zu Tafel 14, Fig. 3**Objektinformation 02.10.2013****Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart***Sammlung:* Quartäre Säugetiere (PQM) *Status:* Inventarisiert *Bereich:* Paläontologie*Objektbezeichnung:* **Höhlenhyäne (Kotballen/Koproolithen mit Fundlager)***Typus:* Original*Taxon:* *Crocota crocuta spelaea* (Goldfuss, 1823)*Inv.-Datum:* 05.01.2001 *Inventarnummer:* 17737 *Stück:* 1*Schlagworte:* Faeces~~Koproolith*Standort:* Quartärmagazin S115: S-Schrank 101u*Eingangsnummer:* 60/2001 *Eingangsdatum:* 05.01.2001*Altbestand*

Fundort/Herkunft: Stuttgart <RB>##Stuttgart <Reg>##Untertürkheim <Gmk>

Fundlokalität: Steinbruch Biedermann, Unterer Travertin

6 zum Teil unvollständige Kotballen mit Fundlager.

Das größere extra liegende Stück misst 32 mm x 29 mm x 21 mm.

Das seitlich angelegte Stück misst 37 mm x 28 mm (in der Höhe unvollständig).

Beschreibung:

Bio-Chronostr.: Eem-Interglazial

Maße: Gesamtes ObjektLänge 14,20 cm

Durchmesser 32,00mm

Breite 8,50cm

Höhe 6,50cm

Datumsangaben: Funddatum Frühjahr 1935

Orte: Fundort/Herkunft Untertürkheim <Gmk>

Publikation||Adam, Karl Dietrich; Bloos, Gert & Ziegler, Bernhard||Das Stuttgarter

Quartär.||Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde||Stuttgart||1987||Nr. 25||C

(Allgemeinverständliche Aufsätze)||22||21||Crocuta crocuta spelaea - Höhlenhyäne||

Literaturhinweise:

Publikation||Adam, Karl Dietrich & Berckhemer, Fritz ||Adam & Berckhemer 1983:

Untertürkheim||Der Urmensch und seine Umwelt im Eiszeitalter auf Untertürkheimer

Markung.||Ein Beitrag zur Urgeschichte des

Neckarlandes.||Stuttgart||1983||52||37||Crocuta crocuta spelaea||

Appendix 3: Zu Tafel 16, Fig. 1-14

Text: Kopolithe von Sauropoden aus dem Oberjura (Morrison Formation; Brushy Basin Member). Brushy Basin bei Moab, Emery County, Utah/U.S.A. Relativ große Kopolith-Stücke, karneolisiert mit geringen Achatisierungen, mit jeweils einer gesägten und polierten Fläche. Alle Stücken haben rückseitig oder randlich die unbearbeitete Oberfläche. Als Produzenten kommen z.B. die in diesen Schichten vorkommenden Sauropoden *Camarasaurus*, *Apatosaurus*, *Brachiosaurus*, *Diplodocus*, *Haplocanthosaurus*, *Barosaurus* und *Seismosaurus* in Frage, aber auch der Ornithischier *Stegosaurus* und z.B. der ornithopode *Camptosaurus*. Entsprechend der intensiven Rekristallisation sind Pflanzenreste unklar oder zweifelhaft. Jedoch zeigen einige der Stücke uns nicht weiter deutbare runde Strukturen, Durchmesser 0,5 bis 1 cm, und/oder dunkelbraune bis schwarze Fasern und Fetzen (0,2 – 2 mm), bei denen es sich vermutlich um nicht rekristallisierte Pflanzenfetzen handelt.

Appendix 4: Zu Tafel 18, Fig. 1-7

Winzige Koprolithen (Peloide) aus der Kohle des Tgb. Hambach der RWE Köln. Das Material wurde auf der 3. Sohle von Fr. Ch. NECKER (Deubach bei Günzburg) gefunden und gehört in die stratigraphische Lage zwischen Flöz Garzweiler und Schophoven, welches letzteres hier nicht mehr typisch aufgeschlossen war. Es gab in den Braunkohlen eine tonreiche Lage eingeschaltet.

In den Tonen fanden sich Blätter von Ahorn, Amberbaum, Eiche, Sumpfyzypresse und Roßkastanie, also Reste eines Auwaldes;

Die hangende Braunkohle hatte fossile Fruktifikationen des Typs *Quasisequoia* (ausgestorbene Mammutbaumverwandte, mit vielen Zweigenden), Sumpfyzypresse, Chines. Wasserkiefer, Hasel, eine unbekannte *Carpolithus mettenii*-Form sowie Judasbaum (*Cercidiphyllum*) aufzuweisen, also zeigte eher Sumpfbedingungen.

Die liegende Braunkohle barg Mastixien (Kornelkirschenverwandte), Tetraclinis (Araarbaum aus Afrika), Buche, Hainbuche und Magnolie, weiterhin Tupelobaum und Sumpfyzypresse.

Die Begleitflora kann als Indener Flora gelten, die als „tiefe 7F-Lage“ ins Mittelmiozän bzw. schon Obermiozän (Basal) gehört. Die Kohle lag tektonisch stark gestört über Flöz Garzweiler und unter Flöz Schophoven, ist also nicht sauber im Profil von SCHNEIDER & THIELE 1965 einzuhängen

Neue Buchbesprechungen von H.-J. Gregor:

ALEAN, J. & HAMBREY, M. (2013): Gletscher der Welt.- 296 S., viele farb. Abb., Haupt Verl. Bern

Preis: 49.90 €; ISBN 978-3-258-07803-8

Vor kurzem Gletscher der Alpen – und nun Gletscher der Welt, eine ausgezeichnete Verbindung zur weiteren Information. Schon das Titelblatt überrascht mit Eis und Feuer, regt an. Das Inhaltsverzeichnis, unterlegt von einem „Fast-Panorama-Bild“ die Einleitung mit Fragen und Antworten zum Gletscher, zu Vorstößen und Rückzügen, sowie neuen Gletschern. Die folgenden geografischen Abteilungen überzeugen mit einem Blick: von Island und dem nördlichen Raum über Spitzbergen nach Alaska, über die Anden zur Antarktis, Neuseeland bis zum „Königreich“ Himalaya – und dann die Alpen als Abspann. Die Literatur wird natürlich verhalten gebracht – schließlich ist das Buch kein richtiges Lehrbuch, sondern reine Anschauung und fotografische Dokumentation. Vermisst man hier Toteisloch oder Oser, darf man nicht vergessen, dass diese Begriff mit Glazialrelikten und Nacheiszeit zu tun haben - nicht direkt mit der Morphologie des Gletscheruntergrundes.

Vom Bildangebot her ist tatsächlich immer noch eine Steigerung möglich – Mont-Blanc-Massiv (S.22), Eishöhle am Aletschgletscher, Blitze am Eyjafjallajökull (S.40) u.v.m.

Dazwischen für einen Geologen und Botaniker hochinteressante Darstellungen von Moos auf Kryokonit (S. 36), die kurze Zeit des Sommers mit Silberwurz und Steinbrech (S.83), rotes Wasser aus dem Untergrund (S.85) und Polarhasen in der Tundra (S. 105), Falteneis (S.127), der Eistunnel unter dem Pastoruri (S.180), die Granittürme (S.193), der fossile Baumstamm vom Shackleton Gletscher (S.210) oder Kleinkrater und Gletscherspalten (S. 246,247). Für Archäologen sind die Felskritzereien am Gletscherschliff (S.67), ein Highlight, die Titanic als Beleg für Katastrophen durch Gletschereis (S.117-119), gefolgt vom Fels- und Gletschersturz in Peru (S.172-177) verbinden sich mit der Darstellung von Absurditäten wie der Meeresschwamm auf Schelfeis(S.203), Kea auf Gletschereis (S. 236), ein Gletschertisch (S.258) – und passen ideal in diesen Band der Superlative.

Skurrile „Kunst“ entzückt bei der arktischen Riviera (S.91) oder der türkisen Glasmasse (S.103) oder Falschfarbenfotos wie auf S. 147, Ogiven (S.157), die Kleinstrukturen auf dem McMurdo-Schelfeis (S. 204), Kalben am Tasman-Gletscher (S.226/7) usw. – ein schönes Naturthema.

Die nötigen wissenschaftlichen Informationen sind kurz und prägnant gehalten – eben nicht in Lehrbuchform (was aber durchaus passen könnte). Gut gewählte Karten mit „Schwundangaben“ bei Gletschern, Diagramme, Karten, Tabellen und Info-Abbildungen geben einen guten knappen Überblick (ohne zu ermüden), unterstützt durch Begleitfotos von Expeditionen, Flug- und Fahrapparaten, Forschungsstationen und durch kurze, lebendig geschriebene Texte vollendet. Themenkästen, griffige Titel (Falschmeldung zum Gletscherschwund, Gletscher als Förderbänder usw.) und großformatige hochwertige Bildqualität sorgen für eine „gewichtige“ Leselektüre.

Fazit: Wieder einmal, wie schon bei den Gletscher der Alpen, kann man nur sagen: typisch Haupt. Ein enthusiastisches Kompliment - voller Freude mache ich diese Besprechung und erlaube mir ganz persönliche Bemerkungen dazu.

Preis-Leistungsverhältnis wie immer voll zufriedenstellend! Note: 1 mit Stern

THINARD, F. (2012): Das Herbarium der Entdecker.-168 S., viele Abb. u. Herbarbelege, Haupt Verl., Bern

Preis: 49,90 €; ISBN 978-3-258-07818-2

Man greift zum vorliegenden Exemplar in der Erwartung, Holzgeflecht in die Hand zu bekommen – aber nein, ein Buchcover. Kompliment schon am Anfang, die Täuschung ist perfekt. Sollten die Fotos in dieser Weise weitergehen? Im Inneren das graue Elefantenhauspapier suggeriert alte Fotoalben – eine gute Idee. Sofort ein Blick auf die Herbarbögen – leicht schattierte Großfotos animieren und überzeugen! Unaufdringlich gehaltene Landkarten und alte vergilbte Fotos machen das Buch spannend: welche Entdecker, welche Herbarien, welche Pflanzen?

Zwei Vorworte (Kew und Montpellier, Wien) zeigen die Vorlagen für das Werk – man ist in besten Händen. Das ausführliche Inhaltsverzeichnis regt an: Punt, Alexander, Marco Polo und Michaux, die Bounty, Humboldt und Hooker, Darwin, Linne und Thunberg – für einen Paläobotaniker ein Schatz.

Schon bei der Einleitung macht die Bildfolge guten Eindruck als altes „Fotoalbum“ und die grafische Umsetzung des Themas wird durch ethnographische Bilder (Krieger von Neuseeland z.B.) ergänzt, durch Pflanzenzeichnungen erklärt. Der Universalgelehrte, wie er früher oftmals vorkam, beherrschte Botanik, Zoologie, Geologie, Geographie usw. – Goethe, Humboldt und die Kuriositätenkabinette zeigen das deutlich auch heute noch.

Hat man sich vor kurzem mit *Boswellia* auf Sokotra beschäftigt, so wird das Interesse natürlich sofort geweckt durch Nachrichten aus dem Weihrauchland Punt unter Hatschepsuts Herrschaft. Der Botaniker Theophrastos von Eresos ging zwar nicht mehr selbst mit Alexander auf Eroberungszug, veranlasste aber die Erkundung der Natur auf diesem Weg. Die Araber und Venezier, Kolumbus, Tournefort, Linné, Siebold, Hooker und Roetzl, wer nennt die Namen, kennt die Länder: Yunnan, Himalaya, Kamerun, Amazonien, Sarawak, Galapagos, Australien, Ägypten und Tahiti. Ein weites Feld – aber davon zehren wir heute noch in jedem Herbar, bei jedem Vergleich mit fossilen Pflanzen und bei artlichen Problemen. Der Zimt – *Cinnamomum verum*, eine Charakterpflanze im Jungtertiär nicht nur Süddeutschlands, noch dazu aus Madras, beeindruckt auf dem Bogen durch deutliche Sekundärnervaturen, die *Nicotiana*-Pflanze durch riesige Blätter, die *Banksia* durch nadelförmige Blätter und die *Rhododendron* durch wunderschöne Früchte und Blüten.

Malerinnen (North), Afrikaforscher (Livingstone), Gärtner (Masson) und Schmuggler (Thunberg), Mönche (Plumier) und Spione (Belon) sammelten aus naturwissenschaftlichem Interesse unter oft abenteuerlichen Bedingungen und geben uns heute einen kleinen Eindruck

von einer Welt ohne Flugzeug, Chronograph oder Handy. Ihre Skizzen, ihre Aquarelle und Notizen ersetzen die Fotos und Bandaufzeichnungen heutiger Tage und sind, soweit man die alten Schriften noch lesen kann, eine Fundgrube und ein ästhetischer Genuss für jeden Phytologen.

Der Anhang mit Namens- und Pflanzenregister überzeugt ebenso wie die angegebene Literatur.

Dies Werk als Informationsquelle auch für unbekannte Reisende in alter Zeit oder vergessene Naturforscher ist unbedingt empfehlenswert. Empfohlen allen Liebhabern von Pflanzen, Reisen, alten Stichen und Darstellungen, von Geschichten rund ums Pflanzenreich und dazu noch allen Aspekten der Zoologie, Geographie, Geologie, Klimageschichte und Gartenbau, Züchtung und Pflege im Botanischen Garten. Dass viele Belege durch unsachgemäße Lagerung oder andere widrige Umstände verloren gingen, erhöht nur den Wert der geborgenen Belege mit Blättern, Früchten oder Blüten – je mit einem Modellbild dargestellt in dieser Ausgabe.

Ein Genuss, ein Schwelgen, ein Buch der besonderen Art – ein typisches „Haupt-werk“. Als Geschenk für Naturwissenschaftler jeder Richtung ein ausgezeichnete Tipp.

Uneingeschränkte Hochachtung, Lob und Empfehlung, samt Preis absolut akzeptabel und lesenswert.

Wenn es Noten gäbe, dann wäre es eine 1 mit Stern! Nein - Es ist eine Eins mit Stern!

Die kürzeste Buchbesprechung, die ich jemals machte:

LOVELOCK, J. (2007): Gaias Rache – warum die Erde sich wehrt.-254 S., 8 Taf., List-Ullstein-Buchverl., Berlin

Pseudowissenschaftliches Geschwafel zur „Lebendigen Erde“ – Snowball lässt grüßen – unsäglich dummdreist und unwissenschaftlich – nicht wert, in die Hand zu nehmen.

Ich zitiere einen Kollegen aus seiner Besprechung: "Gaias Rache" ist leider eine, wenn auch typisch britisch und zynisch trocken, ganz im Brusttone der Objektivität, geschriebene, weitestgehend enttäuschende Selbstunterbietung eines großen Wissenschaftlers, auch wenn sie ihn so persönlich wie nirgendwo sonst und als naturliebenden Menschen zeigt.

WULF, H. (2013): Fossilien sammeln in England, Wales, Schottland.- 174 S., 340 Abb., Ed. Goldschneck bei Quelle & Meyer Verl., Wiebelsheim

Preis: 19,95 €

Der kleine Führer interessiert mich besonders, da ich mehrfach in England beim Fossilien suchen war. Schon das Inhaltsverzeichnis bietet eine Menge Fundstellen, die bekannt vorkommen. Die geografische Lage fehlt erst mal, bis man bei den Großkapiteln eine Karte

entdeckt, die aber nicht viel bringt, nur bekannte Städte. Einen Überblick hätte man sich schon gewünscht. Gut dagegen die geologische Karte und die stratigraphische Tabelle – allerdings fehlt bei letzterer im Pliozänbereich das Gelasian und das Asti/Piacenza sind veraltet (heute Zancleum/Piacenzium), ebenso das Latdorf im Oligozän, das zu Rupel und Priabon gehört.

Die südenenglischen Fundstellen sind ausgewählt und durchaus informativ dargestellt, vor allem gefallen auch fachfremde Infos wie Abb. 6, wenn auch erst im Text die Information kommt, wo es eigentlich liegt. Das gleiche gilt für Abb. 16 und den Begriff GEMSET – erst im Text wird aufgeklärt – das passiert noch öfters! Die Shell Grotto beeindruckt durch fossile Muster! London Clay wird erst bei der Isle of Sheppey erklärt – gehört als Schlagwort aber unbedingt in die Kapitelüberschrift und statt dreier Krebsfotos hätte man sich eine Nypa-Palmfrucht gewünscht.

Beim Kapitel Sussex gibt es ähnliche Gegebenheiten, römische Kastelle (Abb. 46, 51) und Venericor-Schill (Abb. 50) gefallen, der isolierte Schmetterling und fehlendes Foto der bunten Sande der Alum Bay verwundern. Hanover Point begeisterte mich auch schon, nur die „Insel Wight“ stört mich – Isle of Wight könnte man als Englandliebhaber schon schreiben. Lulworth ist natürlich ein Traum eines Paläophytologen – die veralgten Stämme sind ein Weltwunder. Leider wird nichts über die fossilen Hölzer von dort erzählt. Lyme Regis und Mary Anning gehören zusammen – ein Bild eines Ichthyosaurus fehlt hier eindeutig, während Abb. 265 zwar einen netten Jungen zeigt, aber keine Information – abgeschliffene Ammoniten dagegen in Hülle und Fülle (Abb. 266-268).

Die restlichen Kapitel, im Paläozoikum angesiedelt, Yorkshire, Wales und Schottland bieten natürlich Trilobiten, begehrte Objekte bei Sammlern. Leider ist z.B. das Bild von Abb. 309 falsch herum gedruckt. Hier könnten die Herausgeber mal etwas besser aufpassen, denn das Licht muss immer von links kommen – eigentlich eine altbekannte Tatsache für Profis.

Insgesamt kann man noch die Häufung von Ammonitenbildern lobend erwähnen, da diese natürlich ein highlight für England sind. Das Museum in Sandown beeindruckt mit europäischen Sauriern, Megamollusken von Barton-on-Sea durch ihre Größe und die Australiceraten durch ihre Aberranz.

Es gibt natürlich eine Reihe Fundorte, die nicht erwähnt wurden, wie Hordle (Lower Headon Beds mit Samen), Leeds mit reichem Karbon, Cromer mit Eiszeit-Mollusken usw., Scalby Ness mit Ginkgophyten u.a. – aber natürlich hätte jeder Autor eine andere Auswahl. Hier liegt das Interesse des Autors eindeutig auf den Ammoniten und weiteren Mollusken, Echinodermen und Trilobiten.

Das Register ist in Ordnung, die Literatur lässt noch zu wünschen übrig, denn es fehlen z.B. CHANDLER (London Clay, Bembridge), FRANCIS (Lulworth) oder COLLINSON (London Clay).

Fazit: als England-Führer gut brauchbar – sehr zu empfehlen als Zugang zu den englischen Fundstellen.

Vom Preis mit 19,95 € her ebenfalls problemlos.

SCHLÜTER, TH. (2012): Reck's Erbe.- 388 S., Pro BUSINESS GmbH-BOOKONDEMAND, Berlin

Preis: 24,80 €

Das Leben von Hans Reck, dem berühmten Vulkanologen, wird hier nach seinen Tagebuchaufzeichnungen aufgerollt und dargestellt. Wer war Hans Reck? Wikipedia gibt nur wenige Daten zu diesem hervorragenden Geologen (1886-1937), der sich u.a. mit dem Hegau-Vulkanismus und dem Vulkan der Insel Santorin beschäftigte. Ab etwa 1912 war er vor allem in Afrika tätig, hier z.B. als Grabungsleiter auf der weltberühmten Fundstelle Tendaguru, deren Dinosaurier (Brachiosaurus etc.) vor kurzem im Humboldt-Museum in Berlin neu ausgestellt wurden. Schon 1913 folgte der erste Fund eines Menschenschädels in der berühmten Olduvay-Schlucht, was zu einer lebenslangen Zusammenarbeit mit Familie Leakey führte. Als Mitherausgeber der „Zeitschrift für Vulkanologie“ hat er sich Verdienste erworben, ebenso mit einer Arbeit über jungeszeitliche Wirbeltierfunde in Ostafrika (mit Kohl-Larsen zusammen).

Thomas Schlüter gelingt es, das biografische Werk spannend darzulegen, Episoden persönlicher Art einzuflechten und ein Gesamtbild eines deutschen Wissenschaftlers aus den 30-er Jahren des vorigen Jahrhunderts zu zeichnen. Familiäre Ereignisse wechseln mit politischen Eindrücken zur Machtergreifung, Rassenkunde und sich dem Trend anbietender Kollegen – eine interessante Zeitreise für uns Leser heute. Vor allem die Olympiade 1936 wird gewürdigt – als Farce-Veranstaltung einer Diktatur und seiner Leitung, heute kaum mehr verständlich.

Einzelheiten fiktiv so zu ergänzen, wie es tatsächlich gewesen sein könnte, gelingt Schlüter mehrfach sehr gut, z.B. beim Treffen mit Prof. Broom oder Frau Diel. Büroalltag im Museum, ein uneheliches Kind in Afrika (damals eine „Rassenschande“) und die Erkrankung an Diabetes werden so erzählt, dass die Spannung erhalten bleibt und man sanft gezwungen wird, weiterzulesen.

Vor allem natürlich seine wissenschaftlichen Arbeiten stehen im Zentrum des Geschehens, wobei die Afrikaexpedition 1936-37 aufgerollt wird. Natürlich werden keine knallharten wissenschaftlichen Details gebracht – die findet man in der Fachliteratur – aber die persönlichen Gegebenheiten, Treffen mit Museumskollegen, Bergbesteigungen, Beginn der Malaria und auch erotische Erlebnisse ergänzen die spannende Lektüre. Notizen zu den Phlegräischen Feldern, dem Vesuv und der Caldera von La Palma (Kanaren) ergänzen seine vulkanologischen Studien.

Ganz besonders freuen einen Berichte, wie z.B. ein Museumsdirektor einem Kollegen (Prof. Broom) verbieten will, Museumsmaterial zu publizieren – so was habe ich auch erlebt – komisch-tragisch für den Vorgesetzten – wie aus dem Leben gegriffen.

Anekdoten über skurrile Kollegen (Haughton, Schlagowsky usw.), die Geliebte Celestine und ihren gemeinsamen Sohn Alfonso, einen Restaurantbesuch mit dem Kollegen Njilah und weitere „Küchenspezialitäten“ werden gefolgt von Exkursen über Kapstadt, Johannesburg und Lourenzo Marques (Mosambik), dem Sterbeort Recks.

Fazit: ein spannendes, lehrreiches, verständnisvolles Werk über Hans Reck, aus der Feder eines bekannten Paläontologen, eines „Afrikaners“ im Herzen, eines guten Kollegen und Freundes – eine unbedingt lesenswerte Biographie. Vom Preis her anspruchsvoll, aber angemessen der kleinen Auflage für Geologen, Paläontologen, Biologen, Ethnologen und Afrika-fans.