

## Nennenswerte Forschungsergebnisse der Arbeitsgruppe von Wolfgang E. Krumbein

Die wissenschaftliche Arbeit des eigenständigen Forschers und des Betreuers vieler Examensarbeiten, Diplomarbeiten und Dissertationen, sowie die Zusammenarbeit mit DAAD-Stipendiaten, Humboldt-Stipendiaten und Kollegen in vielen Forschungsprojekten schlug sich in einer Fülle interessanter Ergebnisse nieder, die teilweise auch bahnbrechend waren. In diesem Abschnitt werden die nennenswerten Ergebnisse kurz dargestellt und mit bibliographischen Angaben dokumentiert.

- 1) Der Doktorand Krumbein wies in seiner Dissertation nach, daß chemoorganotrophe Mikroorganismen und insbesondere Pilze aber nicht -wie vorher angenommen- Algen, Flechten oder chemolitho-autotrophe Bakterien die Hauptbesiedler und Zerstörer von Baudenkmalen sind. Desgleichen zeigte er auf, daß diese Flora sich aus der Atmosphäre und nicht aus dem Gestein ernährt. (*Dissertation, Würzburg, 1966*).
- 2) Heterotrophe Bakterien lösen und fällen Calciumcarbonat in prähistorischen Wandmalereien wie auch im Marinen Milieu und führen hierdurch zu nennenswerten sedimentären Umsätzen aber auch zur Zerstörung des Malgrundes der prähistorischen Malereien des Magdalénien. (*Pochon, M. J., Chalvignac, M. A. and Krumbein, W. E., 1964, Recherches biologiques sur le mondmilch: C. R. Acad. Sci. Paris 258, p. 5113-5115; Krumbein, W. E., 1974, On the Precipitation of Aragonite on the Surface of Marine Bacteria: Naturwissenschaften, 61, 167-167.*)
- 3) Krumbein wies als erster Wissenschaftler nach, daß Patina und Fels- oder Wüstenlack biogene Bildungen sind und durch einerseits Mangan und Eisen oxidierende und andererseits haltbare organische Pigmente wie Melanin und Karotin erzeugende Bakterien und Pilze verursacht werden. Die wichtigste Gruppe, die auch für das Gestein pathogenen Schwarzen Hefen wurden durch ihn erstmals auf der Akropolis nachgewiesen. (*Krumbein, W. E., 1969, Über den Einfluß der Mikroflora auf die exogene Dynamik (Verwitterung und Krustenbildung): Geol. Rdsch. 58, p. 333-363.; Krumbein, W. E., 1972, A new method for the detection and enumeration of manganese oxidizing and reducing microorganisms in soil and recent marine sediments: Soil Biol. 16, p. 9-11.; Krumbein, W. E. and Altmann, H. J., 1973, A new method for the detection and enumeration of manganese oxidizing and reducing microorganisms: Helgoländer wiss. Meeresunters. 25, p. 347- 356.; Krumbein, W. E. and Jens, K., 1981, Biogenic rock varnishes of the Negev Desert (Israel) an ecological study of iron and manganese transformation by cyanobacteria and fungi: Oecologia 50, p. 25-38.; Krumbein, W.E., 1993, Zum Begriff Patina, seiner Beziehung zu Krusten und Verfärbungen und deren Auswirkungen auf den Zustand von Monumenten. p.215 - 229, in Sneathlage, R. (ed.): Jahresberichte Steinerfall-Steinkonservierung. 1991. Ernst & Sohn, Berlin, p. 275; Gorbushina, A., Krumbein. W.E., Panina, L., Soukharjevsk, S., Wollenzien, U., 1993, On the role of black fungi in colour change and biodeterioration of antique marbles. Geomicrobiology Journal 11, p.205-221)*
- 4) Krumbein war der Einsatzleiter der Schiffe der Biologischen Anstalt Helgoland während der beiden großen Unterwasserlaboreinsätze in der Ostsee und Nordsee (BAH I und UWL Helgoland). Seine Veröffentlichung über vergleichende Sedimentmikrobiologie von Schiff und vom UWL aus war die erste wissenschaftliche Veröffentlichung dieser Kampagnen. (*Krumbein, W. E., 1971, Sediment microbiology and grain-size distribution, as related to*

tidal movement, during the first mission of the West German Underwater Laboratory "Helgoland": *Mar. Biol.* 10, p. 101-112.).

- 5) Krumbein veröffentlichte zwei der frühesten Review-Artikel über den Einfluß von Mikroorganismen auf die Bildung und Zerstörung von Mineralen und Gesteinen. Für den französischen Review wurde er mit der Pasteurmedaille geehrt. (Krumbein, W. E., 1972, *Rôle des microorganismes dans la génèse, la diagenèse et la dégradation des roches en place: Rev. Ecol. Biol. Sol* 9, 283-319. Krumbein, W. E., 1973, *Über den Einfluß von Mikroorganismen auf die Bausteinverwitterung - eine ökologische Studie: Deutsche Kunst und Denkmalpflege* 31, 54-71).
- 6) Gleichzeitig mit dem Freund und Kollegen T. D. Brock führte er die Begriffe Mikrobenmatte und Biofilm in die Wissenschaft ein (1974-1978). (Krumbein, W. E., 1978, *Algal (Microbial) mats and their lithification. In Environmental Biogeochemistry and Geomicrobiology. The Aquatic Environment 1*, p. 209-225, edited by W. E. Krumbein, Ann Arbor Science Publ. Inc., Michigan, 394 p).
- 7) Krumbein wies überzeugend nach, daß sogenannte heterotrophe Kohlendioxidfixierung nachhaltig die Altersbestimmung von Sedimentkernen der Tiefsee beeinflussen kann und gleichzeitig eine exzellente Methode zum Studium der Aktivität der sogenannten "Deep Biosphere" sei. (Geyh, M. A., Krumbein, W. E. and Kudrass, H.-R., 1974, *Unreliable <sup>14</sup>C dating of long-stored deep-sea sediments due to bacterial activity: Mar. Geol.* 17, p. M45-M50).
- 8) Krumbein wies mittels Tagesgangmessungen in einer Mikrobenmatte nach, daß Schwefelwasserstoff und Sauerstoff über mehrere Tage in Mikrobenmatten in nennenswerten Mengen koexistieren können und dies vermutlich auch für die Physiologie der beteiligten Mikroorganismen von großer Bedeutung ist. Gleichzeitig wurde auch der Ablauf der Karbonatisierung und Karbonatlösung im sogenannten Beach-Rock nachgewiesen. (Krumbein, W. E., Buchholz, H., Franke, P., Giani, D., Giele, C. and Wonneberger, K., 1979, *O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S coexistence in stromatolites. A model for the origin of mineralogical lamination in stromatolites and banded iron formations: Naturwissen.* 66, p. 381-389.; Golubic, S., Krumbein, W. E. and Schneider, J., 1979, *The carbon cycle. In Biochemical Cycling of Mineral-Forming Elements 3*, p. 29-45, edited by P. A. Trudinger and D. J. Swaine, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 612 p.; Krumbein, W. E., 1979, *Calcification by bacteria and algae. In Biogeochemical Cycling of Mineral-forming Elements 3*, p. 47- 68, edited by P. A. Trudinger and D. J. Swaine, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 612 p.; Krumbein, W. E. and Giele, C., 1979, *Calcification in a coccoid cyanobacterium associated with the formation of desert stromatolites: Sedimentology* 26, p. 593-604.; Krumbein, W. E., 1979, *Photolithotrophic and chemoorganotrophic activity of bacteria and algae as related to beachrock formation and degradation (Gulf of Aqaba, Sinai): Geomicrobiol. J.* 1, p. 139-203).
- 9) W. E. Krumbein brachte das erste Buch heraus, das mit dem Titel Cyanobakterien veröffentlicht wurde. (gemeinsame Bemühungen mit Roger Stanier, Noel Carr und Brian Whitton 1976-1979). (Krumbein, W. E., 1979, *Über die Zuordnung der Cyanophyten. In Cyanobakterien - Bakterien oder Algen?*, edited by W. E. Krumbein, Universität, Oldenburg, 130 p.).

- 10) Zusammen mit M. Shilo und Y. Cohen war er der erste, der anoxygene Photosynthese bei Cyanobakterien aufzeigte und veröffentlichte. (Krumbein, W. E. and Cohen, Y., 1974, *Biogene, klastische und evaporitische Sedimentation in einem mesothermen monomiktischen ufernahen See (Golf von Aqaba): Geol. Rdsch.* 63, p. 1035-1065. Cohen, Y., Krumbein, W. E., Goldberg, M. and Shilo, M., 1977, *Solar Lake (Sinai). 1. Physical and chemical limnology: Limnol. Oceanogr.* 22, p. 597-608. Cohen, Y., Krumbein, W. E. and Shilo, M., 1977, *Solar Lake (Sinai). 2. Distribution of photosynthetic microorganisms and primary production: Limnol. Oceanogr.* 22, p. 609-620. Cohen, Y., Krumbein, W. E. and Shilo, M., 1977, *Solar Lake (Sinai). 3. Bacterial distribution and production: Limnol. Oceanogr.* 22, p. 621-634. Krumbein, W. E., Cohen, Y. and Shilo, M., 1977, *Solar Lake (Sinai) 4. Stromatolitic cyanobacterial mats: Limnol. Oceanogr.* 22, p. 635-656. Krumbein, W. E. and Cohen, Y., 1977, *Primary Production, Mat Formation and Lithification: Contribution of Oxygenic and Facultative Anoxygenic Cyanobacteria. In Fossil Algae*, p. 37-56, edited by E. Flügel, Springer, Berlin, 375 p.).
- 11) Unter Krumbeins Anleitung zeigte sein langjähriger Doktorand und Mitarbeiter Lucas Stal erstmals, daß Cyanobakterien ohne Heterozysten im Feld und Labor bei vollem atmosphärischen Sauerstoffpartialdruck Stickstoff fixieren. (Stal, L. J. and Krumbein, W. E., 1981, *Aerobic nitrogen fixation in pure cultures of a benthic marine Oscillatoria (cyanobacteria): FEMS Microbiol. Lett.* 11, p. 295-298. Stal, L. J., Großberger, S. and Krumbein, W. E., 1984, *Nitrogen fixation associated with the cyanobacterial mat of a marine laminated microbial ecosystem: Mar. Biol.* 82, p. 217-224).
- 12) Ebenso zeigte seine Doktorandin H. Heyer erstmals, daß Cyanobakterien fähig sind simultan zwei verschiedene Fermentationswege zu betreiben. (Heyer, H., Krumbein, W. E., 1991, *Excretion of fermentation products in dark and anaerobically incubated cyanobacteria: Arch Microbiol* 155 p. 284-287; Stal, L. J., Heyer, H., Bekker, S., Villbrandt, M. and Krumbein, W. E., 1989, *Aerobic-Anaerobic Metabolism in the Cyanobacterium Oscillatoria limosa. In Microbial Mats, Chap. IV: Physiology of Major Mat-Building Microorganisms*, p. 255-276, edited by Y. Cohen and E. Rosenberg, American Society for Microbiology, Washington, 494 p. ;Heyer, H., Stal, L. J. and Krumbein, W. E., 1989, *Simultaneous heterolactic and acetate fermentation in the marine cyanobacterium Oscillatoria limosa incubated anaerobically in the dark: Arch. Microbiol.* 151, p. 558-564.).
- 13) Seine Doktorandin K. A. Palinska wies erstmals Beweglichkeit bei *Merismopedia* nach. Die Bewegung ist anders geartet als bei den Baeozysten der Pleurocapsa-Gruppe. (Palinska, K. A. and Krumbein, W. E., 1999, *Motility in coccoid, aggregate building cyanobacteria. Algological Studies* 94, 275-280; Palinska, K. Krumbein, W.E., 1994, *Ecotype - Phenotype - Genotype. An approach to the Synechococcus - Synechocystis - Merismopedia - Eucapsis Complex. Algological Studie*, 75, 213-227; Palinska, K., Liesack, W., Rhiel, E., Krumbein, W.E., 1996, *Phenotype variability of identical genotypes: the need for a combined approach in cyanobacterial taxonomy demonstrated on Merismopedia-like isolates. Arch. Microbiol.* 166,224-233).
- 14) Die ersten Feldversuche zur Stickstoffbindung in Mikrobennmatten mittels Stickstoffisotopen wurden von M. Potts während eines Post-Docs bei Krumbein durchgeführt. Diese Versuche bewiesen, daß die "echte" Stickstoffbindung um mehr als das 25-fache vom üblichen

- Acetylenreduktionstest abweichen kann. (Potts, M., Krumbein, W. E. and Metzger, J., 1978, *Nitrogen fixation rates in anaerobic sediments determined by acetylene reduction, a new  $^{15}\text{N}$  field assay, and simultaneous total  $\text{N}^{15}\text{N}$  determination. In Environmental Biogeochemistry and Geomicrobiology 3, p. 753-769, edited by W. E. Krumbein, Ann Arbor Science Publ. Inc., Michigan, 711 p).*
- 15) Ebenso wurden in seiner Gruppe die ersten Feldversuche zur Immunogoldmarkierung von Nitrogenase durchgeführt. (Villbrandt, M., Stal, L., Krumbein, W. E., 1990, *Interactions between nitrogen fixation and oxygenic photosynthesis in a marine cyanobacterial mat: FEMS Microbiol. Ecol. 74, p. 59-72*; Villbrandt, M., Stal, L. J., Bergman, B., Krumbein, W. E., 1992, *Immolocalization and Western Blot Analysis of Nitrogenase in Oscillatoria limosa During a Light-dark Cycle, Botanica Acta v. 105, p. 90-96.*)
- 16) Extreme Halophilie und simultan extremer Polymorphismus wurde für Feld-Klone und Laborkulturen von Cyanobakterien eines Salzumpfes aufgezeigt. (E. Holtkamp, *The Microbial Mats of the Sabkha Gavish, Ph.D. Thesis, Oldenburg, 1985*).
- 17) D. Giani demonstrierte erstmals Methanbildung in hypersalinen Mikrobenmatten und Lagunen als echte Alternative zur Sulfatreduktion. (Giani, D., Janssen, D., Schostak and Krumbein, W. E., 1989, *Methanogenesis in a saltern in the Bretagne (France): FEMS Microbiol. Ecol. 62, p. 143-150.*; Giani, D., Giani, L., Cohen, Y. and Krumbein, W. E., 1984, *Methanogenesis in the hypersaline Solar Lake (Sinai): FEMS Microbiol. Lett. 25, p. 219-224.*; Giani, D., Seeler, J., Giani, L. and Krumbein, W. E., 1989, *Microbial mats and physicochemistry in a saltern in the Bretagne (France) and in a laboratory scale saltern model: FEMS Microbiol. Ecol. 62, p. 151-162*).
- 18) Die Doktorandin G. Gerdes studierte intensiv die Fauna von Mikrobenmatten unter normal marinen und hypersalinen Bedingungen und wies damit nach, daß die Hypothese "Grazing Stress" habe die Stromatolithbildung am Ende des Präkambriums eingeschränkt nicht haltbar ist. (Gerdes, G. and Krumbein, W. E., 1984, *Animal communities in recent potential stromatolites of hypersaline origin. In Microbial Mats: Stromatolites, p. 59-83, edited by Y. Cohen, R. W. Castenholz and H. O. Halvorson, Alan Liss Publ., New York, 498 p.*; Gerdes, G., Krumbein, W. E. and Holtkamp, E. M., 1985, *Salinity and water activity related zonation of microbial communities and potential stromatolites of the Gavish Sabkha. In Hypersaline Ecosystems - The Gavish Sabkha 53, p. 238-266, edited by G. M. Friedman and W. E. Krumbein, Springer, Berlin, 484 p.*)
- 19) B. Aardema, M. Lorenz und W. E. Krumbein erarbeiteten sehr früh Konzepte des Überlebens von Nukleinsäuren in natürlichen Sedimenten und Gesteinen und führten die ersten molekular-ökologischen Techniken ein. Diese Arbeiten wurden über die Jahre konsequent weiter entwickelt und ausgedehnt (Lorenz, M. G., Aardema, B. W. and Krumbein, W. E., 1981, *Interaction of Marine Sediments with DNA and DNA Availability to Nucleases: Mar. Biol. 64, p. 225-230.*; Aardema, B. W., Lorenz, M. G. and Krumbein, W. E., 1983, *Protection of Sediment-Adsorbed Transforming DNA Against Enzymatic Inactivation: Appl. Environ. Microbiol. 46, p. 417-420.*; Hust, M., Krumbein, W. E., Rhiel, E., 1999, *An immunochemical approach to detect adaptation processes in the photosynthetic apparatus of diatoms of the Wadden Sea sediment surface layers. Jour. Microbiol. Methods, 38, 69-80*; Sterflinger, K.,

Krumbein, W.E., Schwiertz, A., 1998. A protocol for PCR in-situ hybridisation of hyphomycetes. *Int. Microbiology*, 1, 217-220).

- 20) Seiner Gruppe gelang ebenfalls der erste Nachweis, daß die gesteinszerstörende Wirkung der Gesteinsmikroflora überwiegend ein physikalisch-mechanischer Angriff und weniger ein chemischer Lösungsprozeß ist. (Dornieden, Th., Gorbushina, A., Krumbein, W.E., 1997, *Änderungen der physikalischen Eigenschaften von Marmor durch Pilzbewuchs. Int. Journal for Restoration of Buildings and Monuments*, 3, 441-456.; Dornieden, Th., Gorbushina, A., Krumbein, W. E. (2000) *Biodecay of mural paintings and stone monuments as a space/time related ecological situation – an evaluation of a series of studies. Int. Biodeterioration & Biodegradation* 46, 261-270).
- 21) Für mindestens drei ungewöhnliche Minerale wurde der Nachweis geführt, daß sie durch Mikroorganismen erzeugt werden können (Mondmilch, Gips und Forsterit, ein Magnesiumsilikat der Olivin-Gruppe). (Gorbushina, A. A., Boettcher, M., Brumsack, H.-J., Krumbein, W. E. and Vendrell-Saz, M., (2001) *Biogenic Forsterite and Opal as a Product of Biodeterioration and Lichen Stromatolite Formation in Table Mountain Systems (Tepuis) of Venezuela. Geomicrobiology Journal* 18, 117-132).
- 22) Bahnbrechend und vielfältig waren die Arbeiten zur Sedimentstabilisierung und Inselbildung auf der Vogelinsel Mellum. Durch gemeinsame Experimente wurde z. B., nachgewiesen, daß die bis zu 15-fache Strömungsgeschwindigkeit nötig ist, ein durch Mikrobennatten verfestigtes Sediment zu suspendieren oder zu erodieren (Gerdes, Krumbein and Reineck, 1987, *Mellum, Portrait einer Insel*).
- 23) Krumbein hat weiterhin an vorderster Stelle dazu beigetragen, die Ideen des ersten Biogeochemikers und des Urhebers der Biosphäre-Theorie V. I. Vernadsky zu würdigen. Immerhin haben auch die Urheber der Gaa-Hypothese (Lovelock und Margulis) neidlos anerkannt, daß Vernadsky bereits 1926 (!) die globalen Einflüsse der Biosphäre nicht nur auf die Zusammensetzung der Atmosphäre sondern auch auf den Chemismus der Gesteine und schließlich die Plattentektonik postulierte. Krumbein brachte erfolgreich diese Gedanken auch in Zusammenhang mit denen I. Kant's. (Krumbein, W.E., 1993, *Microbial Biogeomorphogenesis- An appraisal of Immanuel Kant*, pp. 483-488 in R. Guerrero and C. Pedrós-Alió (eds.) *Trends in Microbial Ecology*, Spanish Soc. for Microbiology, Barcelona, p. 717; Krumbein, W. E., 1993, *Geophysiology, Klima und Biogeomorphogenese. Eine späte Würdigung der Physikotheologie des jungen Immanuel Kant*. pp. 141-163 in: Ruprecht-Karls. Uni. Heidelberg, Hrsg.: *Klima: Studium Generale 1992/93*, Heidelberg, 177 p.; Krumbein, W. E. and Schellnhuber, H. J., 1990, *Geophysiology of Carbonates as a Function of Bioplanets. In Facets of Modern Biogeochemistry, Chapter 2*, p. 5-22, edited by A. V. Ittekkott, S. Kempe, W. Michaelis and A. Spitzzy, Springer, Berlin.; Krumbein, W. E., Schellnhuber, H.-J., 1992, *Geophysiology of mineral deposits - a model for a biological driving force of global changes through Earth history: Terra Nova*, 4, No. 3, 351-363).
- 24) Krumbein hat ferner auf die bahnbrechenden Gedanken Gottfried Herders zur Evolution und des russischen Mikrobiologen Nadson zur Biogeochemie hingewiesen. Letzterer ist bereits Ende des vergangenen Jahrhunderts auf die biogeochemischen Mineralkreisläufe eingegangen und verscholl in stalinistischen Gefängnissen. Der Begriff Geophysiology wurde definiert und mit Leben gefüllt. (Krumbein, W. E., Stal, L. J., 1991, *The Geophysiology*

of Marine Cyanobacterial Mats and Biofilms, *Kieler Meeresforschungen Sonderheft 8*, 1991, Kiel, p. 137-145; Krumbein, W.E., Lapo, A. V., 1996, Vernadsky's Biosphere as a Basis of Geophysiology, pp. 115-134, In: *Gaia in Action, Science of the living earth*, Eds.: P. Bunyard, published by Floris Books, Edinburgh; Krumbein, W. E. , 1996, *Geophysiology and Parahistology of the Interactions of Organisms with the Environment. Marine Ecology*, 17, 1-21.; Levit, G., Gorbushina, A. A. and Krumbein, W. E. 1999. *Geophysiology and Parahistology of benthic microbial mats with special reference to the dissymmetry principle of Pasteur-Curie-Vernadskij. in Marine cyanobacteria, Bulletin de l'Institut Océanographique, Monaco, special issue 19, 175-196).*

- 25) In den jüngsten Jahren wurden bahnbrechende Arbeiten über die Gruppe der schwarzen Hefen und über Geodermatophilus veröffentlicht. (Eppard, M., Krumbein, W.E., Koch, C. Rhiel, E. Staley, J., Stackebrandt, E., 1996, *Morphological, physiological and molecular biological investigation on new isolates similar to the genus Geodermatophilus (Actinomycetes) Archives of Microbiology* ,166, 12-22.; Sterflinger, K., Krumbein, W.E., 1997. *Dematiaceous fungi as the main agent of biopitting on mediterranean marbles and limestones. Geomicrobiology Journal*, 22, 219-231.; Wollenzien, U., de Hoog, G.S., Krumbein, W.E., Uijthof, J., 1997. *Sarcinomyces petricola, a new microcolonial fungus from marble in the Mediterranean basin. Antonie van Leeuwenhoek* 71, 281-288.; Sterflinger, K., De Baere, R., De Hoog, G. S., de Wachter, R., Krumbein, W. E., Haase, G. 1997. *Coniosporium perforans and C. appollinis, two new rock-inhabiting fungi isolated from marble in the Sanctuary of Delos (Cyclades, Greece). Antonie van Leeuwenhoek*, 72, 349-363).
- 26) Innerhalb der AG Geomikrobiologie aber oft auf Ihren St. Petersburger Lehrern (insbesondere B. W. Gromov) basierend, hat A. A. Gorbushina die Begriffe und Prinzipien von Poikilophilie und Poikilotrophie sowie den abgrenzenden Begriff Subaerischer Biofilm/Mikrobenmatte definiert und mit Leben gefüllt. Diese Begriffe haben große Bedeutung auch für das sich stürmisch entwickelnde Gebiet der Exo- oder Astrobiologie (Gorbushina, A. A., Krumbein, W. E., 1999. *Poikilotroph response of micro-organisms to shifting alkalinity, salinity, temperature and water potential. pp 75-86 in Oren, A. (ed.) Microbiology and Biogeochemistry of Hypersaline Environments.,CRC Press, LLC, Boca Raton.*; Gorbushina, A. A., Krumbein, W. E. (1999) *The poikilotrophic micro-organism and its environment - Microbial strategies of establishment, growth and survival. p. 175-185 in Seckbach, J. (ed.): Enigmatic micro-organisms and life in extreme environments. Kluwer, Dordrecht.*; Gorbushina, A.A. Krumbein, W.E., Palinska, K.A. 1999. *Poikilotroph growth patterns in rock inhabiting cyanobacteria. pp 657-664 in: Peschek et al. (eds.) The phototrophic Prokaryotes, Plenum, N.Y., ; Gorbushina, A., A. and Krumbein, W. E., 2000. Subaerial microbial mats and their effects on soil and rock. P. 161-170 in Riding, R. E. and Awramik, S.M. (eds.): Microbial Sediments, Springer, Berlin, 331p).*
- 27) 1993 organisierte Krumbein eine außerordentlich erfolgreiche Dahlem Konferenz über das Kulturerbe. Als UNESCO-Experte für die Akropolis, Athen, langjähriger Obmann (Vorsitzender) der Kommission über Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Materialien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) und als Mitglied und Ehrenmitglied von ICOMOS-Komitees (International Council on Monuments and Sites) hat Krumbein weltweit die Denkmalpflege beraten (Krumbein et al., eds. *Durability and Change; The Science, Responsibility and Cost of Sustaining the Cultural Heritage*, Wiley, Chichester, 1994; Krumbein, W. E., 1992, *L'Acropole - La détérioration des marbres*, Archeologia No. 280

(Juin 1992), p. 26-31; Diakumaku, E., Gorbushina, A., Krumbein, W.E., 1997, *Treatments of biodeteriorated monuments with biocides - Acropolis, Athens, and other sites in the mediterranean Basin*, pp. 99 - 108, In: *Proceedings 4th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean*, Eds.: Moropoulou, A, Zezza, F., Kollias, E. und Papachristodoulou, I., Volume 3, Verlag: National Technical University of Athens, Athens, p. 636.; Gorbushina, A., Krumbein, W.E., Vlasov, D., 1997, *The fungal microcosm of mediterranean monuments and sites - past, present and future*, pp. 261 - 270, In: *Proceedings 4th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean*, Eds.: Moropoulou, A, Zezza, F., Kollias, E. und Papachristodoulou, I., Volume 4, Verlag: National Technical University of Athens, Athens, p. 679;).

28) Gleichzeitig wurden neue Trends in Sedimentbiologie und Felsbiologie eingeführt. Hierzu gehört die *in situ* Entstehung von Ooiden in Mikrobenmatten, mikrobiogene Sedimentstrukturen aller Art und auch mikrobiell veränderte Felsoberflächen. (Krumbein, W. E., 1983, *Biogene Lamination - Stromatolith und Biostrom*. In *Erwin-Rutte Festschrift*, p. 133-141, edited by Erwin Rutte-Festschrift, Weltenburger Akademie, Kelheim, Donau.; Kazmierczak, J. and Krumbein, W. E., 1983, *Identification of calcified coccoid cyanobacteria forming stromatoporoid stromatolites: Lethaia* 16, p. 207-213.; Krumbein, W. E., 1983, *Stromatolites - The Challenge of a Term in Space and Time: Precamb. Res.* 20, p. 493-531.; Dexter-Dyer, B., Kretzschmar, M. and Krumbein, W. E., 1984, *Possible microbial pathways playing a role in the formation of precambrian ore deposits: J. Geol. Soc.* 141, p. 251-262.; Schidlowski, M., Matzigkeit, U. and Krumbein, W. E., 1984, *Superheavy organic carbon from hypersaline microbial mats: assimilatory pathway and geochemical implications: Naturwissen.* 71, p. 303-308; Krumbein, W. E., Barghoorn, E. S. and Knoll, A. H., 1984, *Possible biogenesis of ooids of the Aphebian Gunflint iron Formation, Ontario: Terra Cognita* 4, p. 84; Dahanayake, K. and Krumbein, W. E., 1985, *Ultrastructure of a microbial mat-generated phosphorite: Miner. Depos.* 20, p. 260-265.; Dahanayake, K. and Krumbein, W. E., 1986, *Reply : Ultrastructure of a microbial mat-generated phosphorite, Miner. Depos.* 22, p.78; Dahanayake, K., Gerdes, G. and Krumbein, W. E., 1985, *Stromatolites, Oncolites and Oolites Biogenically formed in situ: Naturwissen.* 72, p. 513-518; Krumbein, W. E., Gehlen, K. von and Hallbauer, D. K., 1985, *Witwatersrand biota revisited - new evidence of biogenesis of the ores: Terra Cognita* 5, p. 295.; Krumbein, W. E., 1986, *Biotransfer of minerals by microbes and microbial mats. In Biomineralization in Lower Plants and Animals*, p. 55-72, edited by B. S. C. Leadbeater and R. Riding, Oxford University Press, Oxford; Dahanayake, K. and Krumbein, W. E., 1986, *Microbial Structures in Oolitic Iron Formations: Miner. Depos.* 21, p. 85-94; Brochwicz-Lewinski, W., Gasiewicz, A., Krumbein, W. E., Melendez, G., Sequeiros, L., Suffczynski, S., Szatkowski, K., Tarkowski, R. and Zbik, M., 1986, *Anomalia irydowa na granicy jury srodkowej i gornej: Przegląd Geol.* 2, p. 83-88; Witkowski, A. and Krumbein, W. E., 1986, *Subfossilized Microorganisms from the Biogenic Laminated Deposits of the Shore Zone of the Hel Peninsula: Przegląd Geol.* 4, p. 210-212; Gasiewicz, A., Gerdes, G. and Krumbein, W. E., 1987, *The peritidal sabkha type stromatolites of the Platy Dolomite (Ca<sub>3</sub>) of the Leba elevation (northern Poland). In Lecture Notes in Earth Sciences: The Zechstein Facies in Europe* 10, p. 253-272, edited by T. M. Peryt, Springer, Berlin, 272 p.; Noffke, N., Gerdes, G., Klenke, T. Krumbein, W.E., 1996. *Microbially induced sedimentary structures - examples from modern sediments of siliciclastic tidal flats. Zbl. Geol. Paläont. Teil I Jg.* 1995, 307-316 ; Noffke, N. and Krumbein, W. E., 1999. *A quantitative approach to sedimentary surface structures contoured by the interplay of microbial colonization and physical dynamics, Sedimentology*, 46, 417-426.; Scholz, J.,

*Krumbein, W.E., 1996. Microbial mats and biofilms associated with bryozoans. pp. 283-298 in: Gordon, D. P., Smith, A.M. and Grant-Mackie, J. A. (eds.): Bryozoans in Space and Time. Proc. of the tenth Int. Bryozoology Conference, Wellington, New Zealand. National Institute of Water and Atmosphere Research Ltd. Wellington, N.Z. 442p. ; Noffke, N., Gerdes, G., Klenke, Th., Krumbein, W.E., 1997, A microscopic sedimentary succession of graded sand and microbial mats in modern siliciclastic tidal flats. Sedimentary Geology 110, 1-6.; Brehm, U., Dahanayake, K., Gerdes, G., Krumbein, W.E., 1997. Coated grain formation in sedimentary augen structures of stromatolites. Courier Senckenberg Forschungsinstitut, 201, 101-108.*

29) Geomikrobiologie, Biogeochemie und Geophysikologie als neue Wissenschaftszweige wurden in mindestens 5 Büchern und 25 Doktorarbeiten entwickelt und voran gebracht.

30) Krumbein hat 15 Internationale und Nationale Kongresse organisiert und geleitet.

31) Krumbein hat innerhalb der EUREKA-Initiative eines der drei großen "Umbrella-Projekte" organisiert (EUROCARE, EUROMAR, EUROTRAC) und war Koordinator von 8 EU-Projekten. (Krumbein, W. E., 1987, Possibilities of technological and scientific cooperation in conservation programmes in the frame of EUREKA. In Materials and Structures, p. 61-70, edited by L. Gelsomino and P. R. Rossi-Doria, Bologna, 344 p.; Krumbein, W. E., 1988, Eurocare-Editorial: European Cultural Heritage 2, p. 27-28; Krumbein, W. E., Urzì, C., 1992, On the Question of Biogenic Colour Changes of Marbles and Hard Limestones, in Proceedings of the 2nd. Workshop Eurocare-Euromarble, Messina, Forschungsbericht 6, p. 13-30 edited by R. Snethlage, Bayer. Landesamt f. Denkmalpflege, 182 p.

32) Krumbein hat die ehrenvollen Angebote, einer der 12 Gründungsprofessoren der Technischen Universität Hamburg-Harburg sowie später der Direktor des ältesten deutschen Meeresforschungsinstitutes (BAH) zu werden abgelehnt, weil die Arbeit in Oldenburg außerordentlich zufrieden stellend und fruchtbar war.

33) Die Carl von Ossietzky Universität Oldenburg ehrte ihn durch Aufnahme in das Institut für Philosophie und Wissenschaftsgeschichte.

Die Breite der Arbeitsgebiete und Interessen kann knapp zusammen gefaßt so dargestellt werden:

- (1) Fossile mikrobielle Ökosysteme des Präkambriums, Mikropaläontologie und Studium fossiler Riffe.
- (2) Genese von Sedimentgesteinen (Stromatolithe and Oolithe)
- (3) Biomineralbildung unter Einschluß von Karbonaten, Apatit, Gips, Minerale der Olivinserie.
- (4) Mikrobielle und molekulare Ökologie der Gesteinsverwitterung und Genese von Sedimentgesteinen.
- (5) Biodeterioration von Kulturgütern aller Art und Materialien.
- (6) Detaillierte taxonomische Untersuchungen an Cyanobakterien (unter Mitwirkung bei der Einführung des Begriffs), Diatomeen, Pilzen, Actinomyceten.
- (7) Wissenschaftsgeschichte und Philosophie
- (8) Poesie (überwiegend Sonette)
- (9) Bildende Kunst (vorwiegend Aquarelle)
- (10) Violoncello (leider nur bis zum kleinen B-Dur Trio von Beethoven)
- (11) Landwirt (alle Sparten der Land-und Viehwirtschaft)