Kleine *Geschichten* zur „Elektronen-Mikroskopie“ in der Biologie - zum 100. Geburtstag der Goethe-Universität...

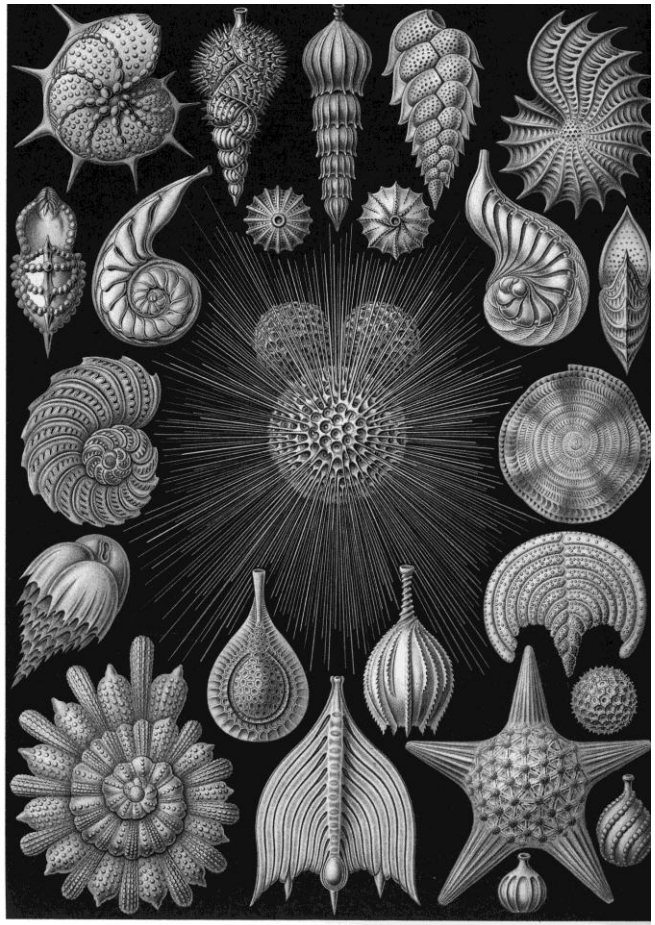
REM Manfred Ruppel
Biowissenschaften

Zur Veranstaltung: So. 1. Juni 2014 – 14 Uhr – im BIOLOGICUM

Vor hundert Jahren…

- **1914**, genau mit dem Beginn der ersten europäischen Katastrophe im 20. Jahrhundert, wurde nicht nur diese Universität gegründet, sondern in dieser Zeit stand die deutsche Wissenschaft in höchstem Ansehen in der ganzen Welt. Selbst „die Wissenschaftssprache“ war deutsch… Die Evolutionslehre des bedeutenden englischen Biologen Charles Darwin, mit seiner bis heute gültigen Theorie, wurde besonders von einem hiesigen Wissenschaftler forciert: **Ernst Haeckel**. Er lebte und arbeitete in dieser recht „ruhigen“ Epoche vor der Jahrhundertwende (1834 geboren) und schuf unter vielem anderen mit seinen Zeichnungen, die er hauptsächlich mit Hilfe der bereits *leistungsfähigen Lichtmikroskopie* (siehe Ernst Abbe im letzten Viertel des 19. Jh.) herstellte, seine unübertrefflichen **„KUNSTFORMEN DER NATUR“** (um 1900 erschienen).

Haeckel : höchste Qualität in wissenschaftlicher Mikroskopie und künstlerischer Darstellung…



Thalamophora. Kammerlinge.

Vor dem Krieg – nach dem Krieg – …

- *Es war die Zeit des Liberalismus, der geistigen Freiheitssuche: Monisten, Wilhelm Ostwald, eine erklärbare strukturelle materielle Welt, die Naturwissenschaften wuchsen, allesamt schienen sie als „Welträtsel“ (Haeckel) ergründbar, selbst die Arbeiter sahen die Morgenröte aufziehen, der Fortschritt schien unaufhaltsam; allein in der Kunst wurde der Modernismus und der Jungendstil längst wieder in Frage gestellt und überwunden, und die Literatur wollte sich neu orientieren.*
- *Mit dem schrecklichen Krieg 1914-18 wurde alles umgestülpt. Allerdings folgte darauf eine wissenschaftliche Hochblüte, technisch, wissenschaftlich und künstlerisch sehr fruchtbare Jahre. Es wurde geforscht und geforscht, entwickelt und entwickelt, und endlich auch ein sogenanntes Übermikroskop durch die Firma Siemens gebaut, doch kaum entwickelt, kam es zwar um 1939 in den Handel, wohl aber eher seltener zum Einsatz im Labor, denn es begann bereits die nächste Katastrophe.*
- *Nach dem ersten großen Krieg hatten sich die revolutionären Neuerungen in der Wissenschaft mit Einstein, mit Heisenberg und Bohr durchgesetzt, die Kernspaltung war kein Problem mehr, und am Ende stellte sich die Frage nach der Freiheit und Verantwortung der Wissenschaft, aber da war bereits die Atom-Bombe selbst von der wissenschaftlich-technisch fortgeschrittensten Nation, der USA, in Japan im August 1945 eingesetzt worden.*

50 Jahre – die Wissenschaft lebt… Elektronenmikroskope gehören dazu

- **1964** – *fünfzig Jahre nach der Gründung der Universität*: Beheimatet waren das Botanische und das Zoologische Institut (auch die Anthropologie und Mikrobiologie) in den erst vor wenigen Jahren errichteten *Ferdinand-Kramer-Bauten* in der Siesmayer Straße im Westend Frankfurts (mit einem angeschlossenen Botanischen Garten, einem besonderen Kleinod). Seit den fünfziger Jahren wurde an der „Naturwissenschaftlichen Fakultät“ gelehrt und geforscht, und mit dem Jahre 1963 besaßen die zwei großen Institute jeweils ein Transmissions-EM, Zeiss EM 9, in dessen Eintragungsbuch die Namen der ersten Mikroskopiker zu finden sind. Nutzer, die dann selbst später eigene Abteilungen im frisch entstandenen „Fachbereich Biologie“ gründeten. Nur zwei Namen seien genannt: Professor Hans-Willy Kohlenbach („Zell- und Gewebekultur“) aus der Botanik und Professor Jürgen Bereiter-Hahn aus der Zoologie („Kinematische Zellforschung“). Es herrschte ein begeisterter Wissenschaftsgeist, nach NS-Zeit mit Krieg, nach Jagdfliegerei, Kriegsverletzung, Familienflucht über die Ostsee… um nur an einige wenige der Hochschullehrer und Assistenten zu denken.

Seit den fünfziger Jahren waren die Institute neben dem Palmengarten gelegen:

Hörsäle – Labors – Büroräume und Gewächshäuser, wunderbar in den Botanischen Garten eingebettet… mit natürlichen Lebensräumen – Alpinum – Ostasien – sonnigem Kalkhang – Heide – Kaukasus – Nordamerika …

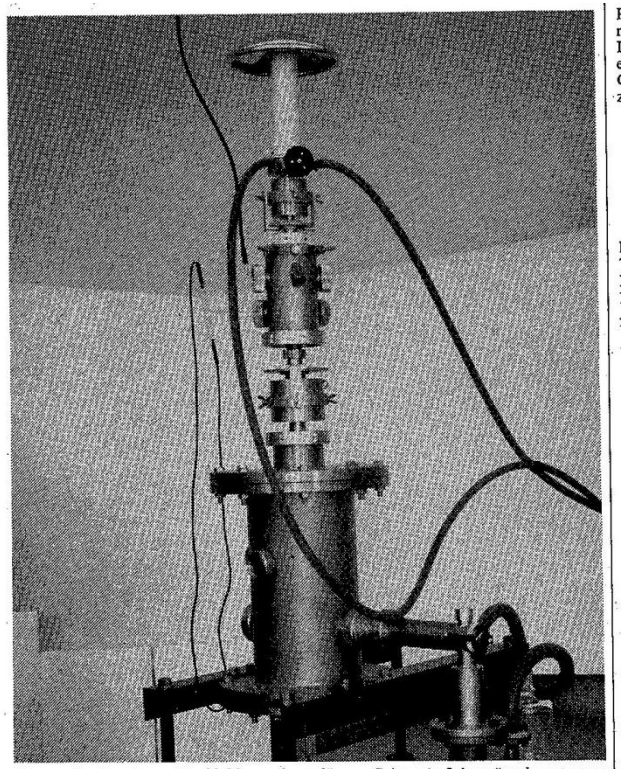
Botanisches Institut: man tauschte seine Gedanken aus… Jeder „Doktorhut“ wurde auch gefeiert…

von links: H.Schaub - langjährige TA Frau Brigitte Glück – W.Hilgenberg (um 1970)

Übermikroskope…

- **Das Mitte der dreißiger Jahre entwickelte sogenannte „Übermikroskop“, es war ein Transmissions-Elektronenmikroskop (mit seiner hohen, weit über dem Lichtmikroskop liegenden Auflösung), benötigte neben elektromagnetischen Linsen auch ein Hochvakuum, welches durch dauerhaft laufende Pumpen erzeugt werden muss, denn der Strahl der Elektronen aus der Wolframdrahtquelle soll nicht von Luftmolekülen abgelenkt werden.**
- **Da aber die Fernsehtechnik noch nicht so zufriedenstellend entwickelt war, sie mit einem EM zu verbinden, dauerte es, bis der zweite Elektronenmikroskop-Typ für die Wissenschaft eingesetzt werden konnte. Ende der fünfziger Jahre kamen die Geräte dann ganz langsam in die Wissenschaft. Morphologische Forschung erfolgte nun auch als Strukturanalyse mit dem TEM…**

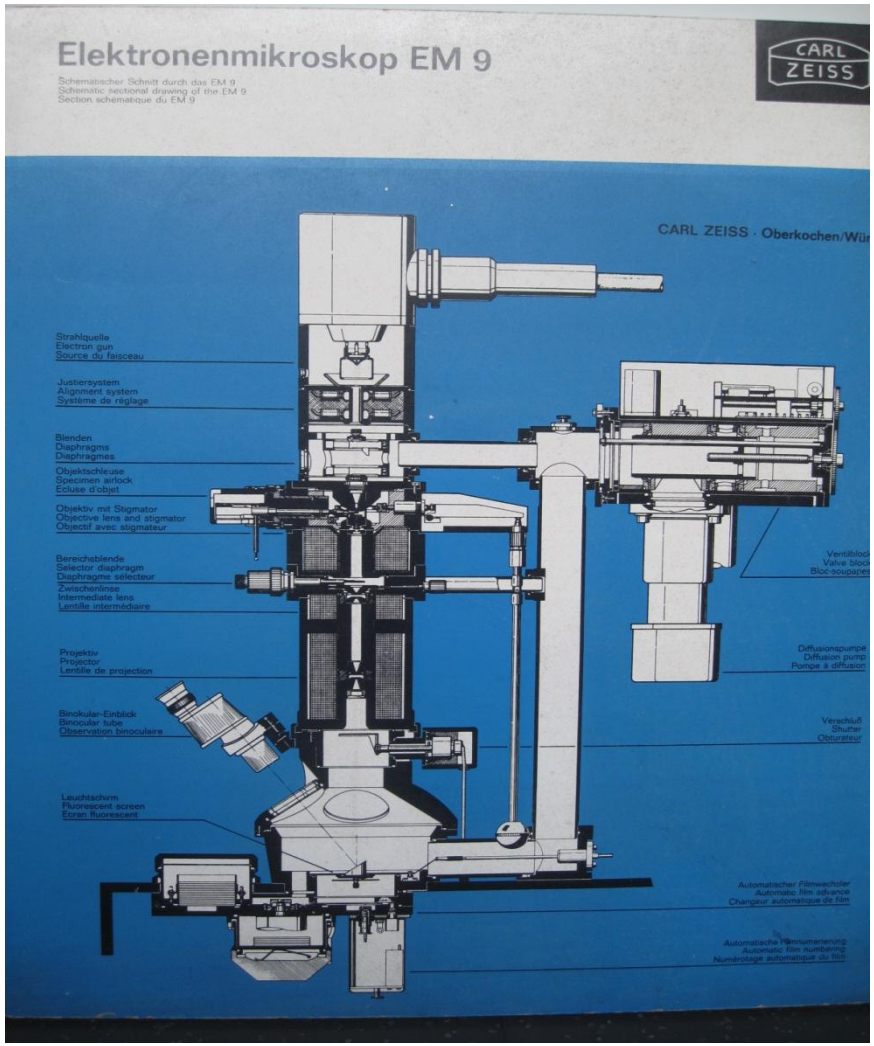
Erstes EM – und ab 1939 Serienbau durch die Firmen Siemens und AEG, nur die Briten waren sogar noch etwas früher dran, aber ab 1945 baute man in vielen Ländern an besser auflösenden Geräten…



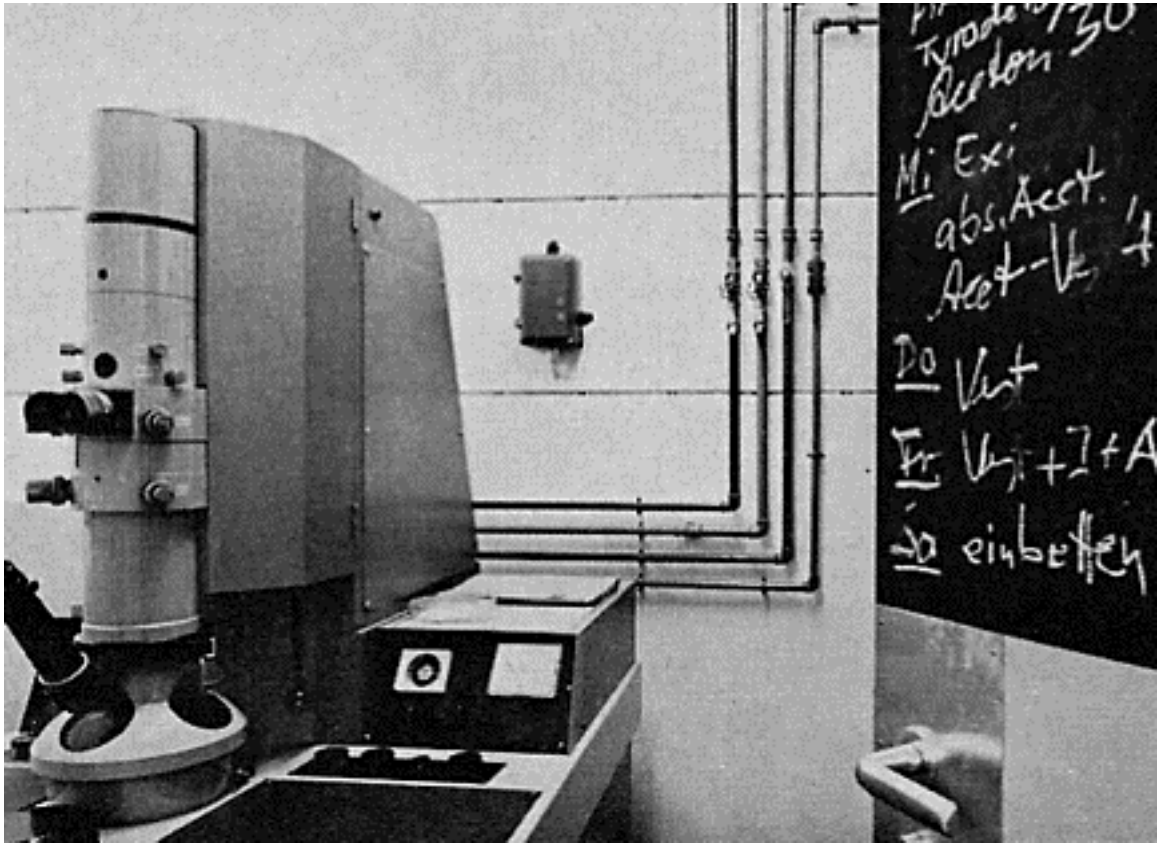
Die maßstabsgetreue Nachbildung des ersten funktionstüchtigen Elektronenmikroskopes, das Ernst Ruska gemeinsam mit Max Knoll 1931 fertigstellte, ist etwa 113 Zentimeter groß. Bei nur sechzehnfacher Vergrößerung erreichte man mit dem Original, das im Zweiten Weltkrieg zerstört wurde, eine mit den Leistungen von Lichtmikroskopen vergleichbare Auflösung. Schon ein Jahr später konnte man mit einem verbesserten Modell vierhundertfach vergrößern. Mit Spitzenmikroskopen sind heute fünfhunderttausendfache Vergrößerungen möglich. Mit diesen Geräten lassen sich – mit geeigneten Proben – Details bis herab zu einem Angström (einem zehnmillionstel Millimeter) sichtbar machen. Foto Zeiss

FAZ 8.6.88

1963 von Zeiss – Oberkochen aufgebaut:



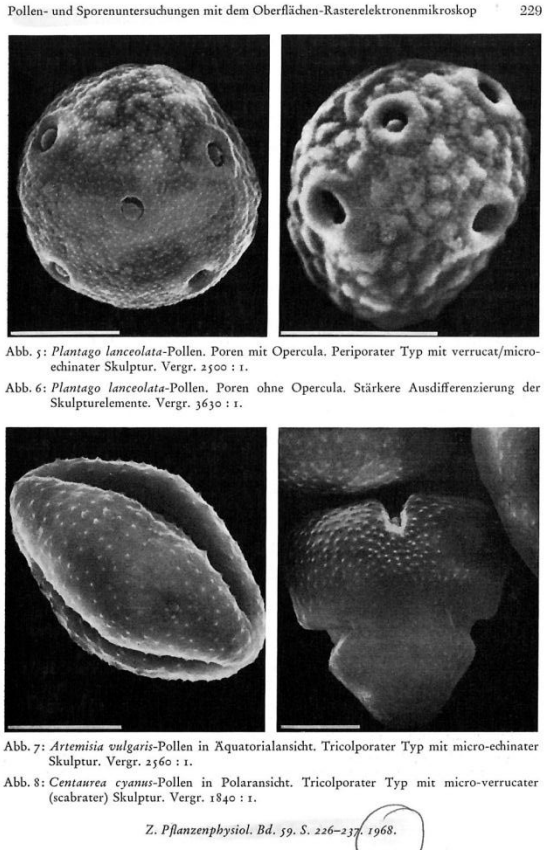
Original-Schema auf Holz aufgezogen - des Transmissions-Elektronenmikroskops EM 9 Zeiss aus dem Botanischen Institut (Siesmayer Straße 70) …



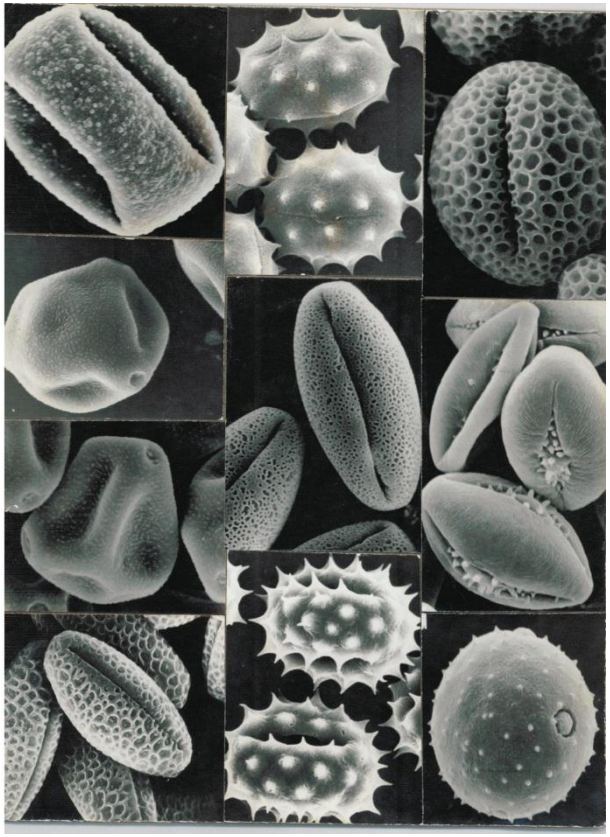
Im pflanzlichen Bereich arbeitete man sich mit der modernen Methode des Transmissions-Elektronenmikroskops an die zellulären Strukturen heran, an Membranen und Plastiden, und anfangs waren die eingesetzten Chemikalien gar nicht immer die zutreffenden, sondern man übte und übte, testete und testete. Die präparativen Methoden reiften langsam aus und verbesserten sich. Ganze Doktorarbeiten entstanden über die feinstrukturelle Darstellung von Zellzuständen in der Kartoffelknolle, Solanum tuberosum, etwa Ralf Barckhausen und/oder Manfred Meuser…

…und erst dann erkannte man die Qualitäten des Raster-EMs mit seiner Oberflächenabtastung als nächsten begehrenswerten Schritt. In der Frankfurter Biologie dauerte es noch Jahre, bis das erste REM angeschafft werden konnte, allerdings war die Bildqualität bei den TEMs schnell ausreichend gut, bei den REM-Aufnahmen aber war noch lange der „Wurm drin“ (siehe etwa die Fototafel von 1968).

Erschreckend mäßige Qualität 1968
trotz vermutlich seinerzeit bestem Cambridge-REM

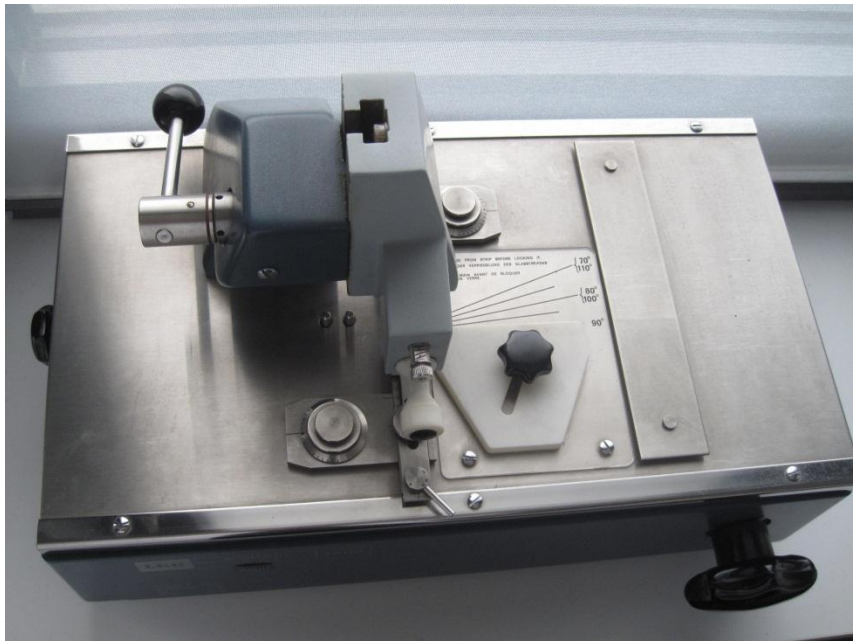


Bereits viel bessere Qualität, obwohl nur mit erstem REM in Frankfurt - 1976 --- Fotos um 1986 -



Jeder Schritt muss gelernt sein: „Messerbrecher“ – „Knifemaker“ für das ultradünne Schneiden mit Glasmessern…

- **1974:** nur ein kleiner Schritt trennt uns von der frühen Zeit der Transmissionselektronenmikroskopie, aber die Methoden für die Darstellung der Feinstruktur der Zellen waren jetzt ausgereift und die Untersuchungen verloren bereits ihren hohen Stellenwert, jetzt galten diese nur noch als wichtige Zusatzinformationen zu den physiologischen Daten: die *EM eine Hilfswissenschaft*. Der akribische und exzellente Lehrer Dr. Manfred Meuser (1974†) lernte nun den jungen Senckenberg-Schüler M. R. (1973) an und führte ihn in die Geheimnisse des Fixierens, Einbettens und der Ultramikrotomie ein, und vor allem, wie beherrschte man das **Zeiss EM 9** (jetzt schon als „Stall-Laterne“ betitelt).
- Erste begleitende TEM-Untersuchungen für die Arbeitsgruppen Prof. August Ried, Prof. Hermann Schaub und Prof. Willy Hilgenberg, drei Botaniker: Namen: Anacystis nidulans (die Blaualge Synechococcus), Amaranthus paniculatus (eine C 4 -Pflanze) und der seinerzeit häufig untersuchte Pilz Phycomyces blakesleanus.



REM S-500 seit 1976

1976 erwarb der „EM-Obmann“ Prof. Jürgen Bereiter-Hahn für den Fachbereich (Standort: Kinematische Zellforschung) ein besser auflösendes **Hitachi-TEM** und für den Standort Siesmayer Straße 70 (Botanik) ein **Hitachi**-**REM**. Alle Blicke waren zuvor schon auf die Raster-Fotos in den Publikationen gefallen. Nun war es endlich da!

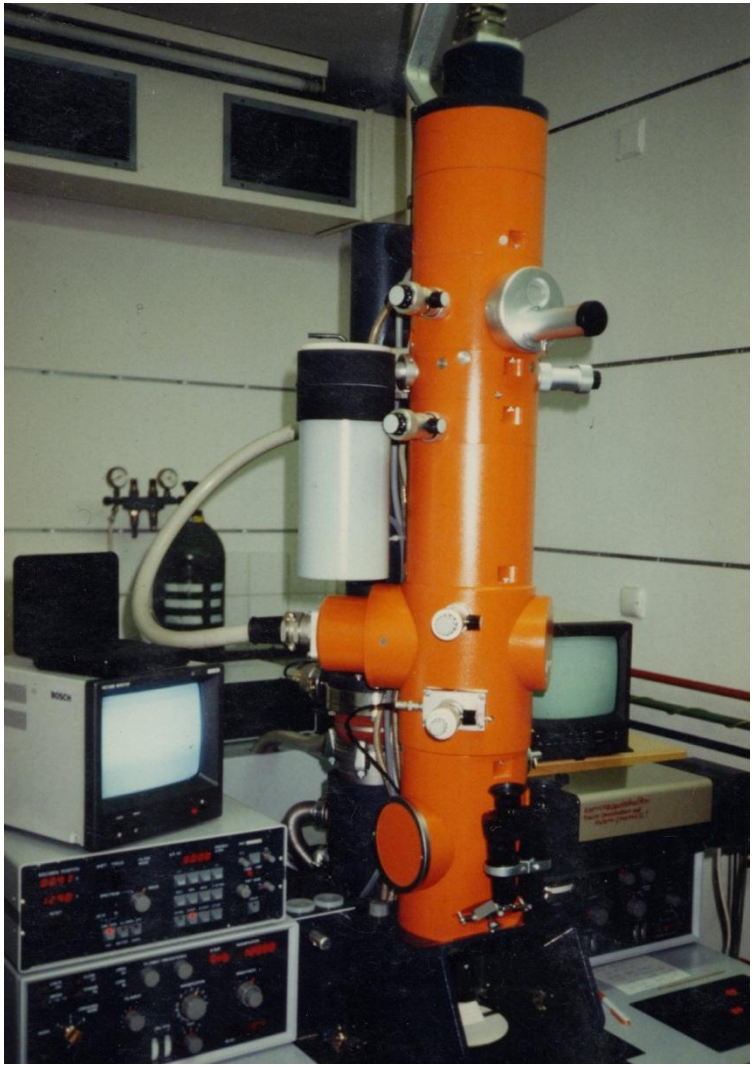
Wie bei allen REMs dieser Zeit waren die Aufladungen der Proben, die starke Belastung durch den hohen Strahlstrom und die dann doch nicht so gewünschte Plastiziät ein Problem, aber es wurde durch das gute Auflösungsvermögen ausgeglichen.

Am S-500 sitzt der „Operator“ mit einem „Kunden“ aus dem Institut: Professor Horst Lange-Bertalot: Diatomeen-Feinstrukturen…

Zeiss EM 902, das Gerät mit Zukunft…

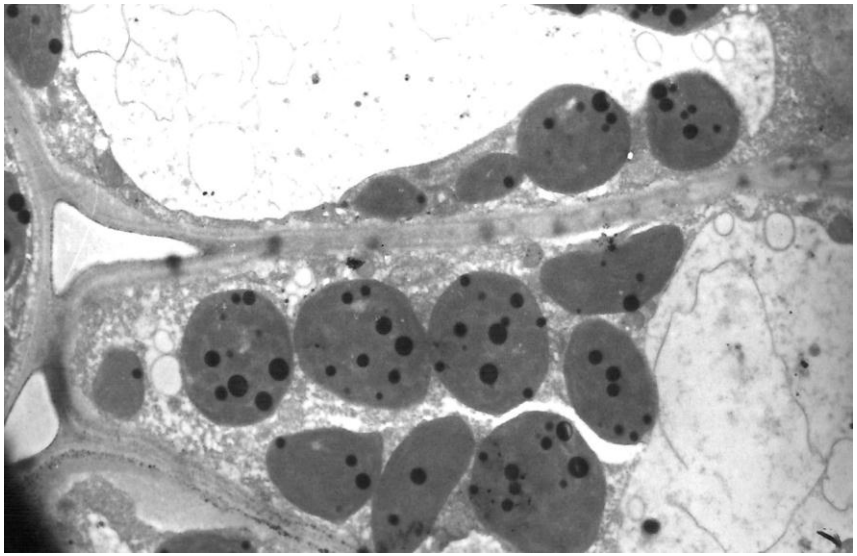
1987 konnte man am Fachbereich einen weiteren Erfolg verbuchen.

Die EM-Technik hatte sich sehr verbessert, und dem „EM-Obmann“ gelang es nun, dass die zwei technisch überholten EM 9 abgebaut und durch ein Hochleistungs TEM - **Zeiss EM 902** - ersetzt werden konnten. Fortan konnte man mit Hilfe der Blenden - sogenannte inelastische Elektronen verwenden - und den Kontrast erhöhen, ohne chemische Zusatzmittel, pflanzliche Feinstrukturen abbilden. Siehe etwa Arbeiten für die Arbeitsgruppe Prof. Rüdiger Wittig und Dr. Hans Ballach um 1991.

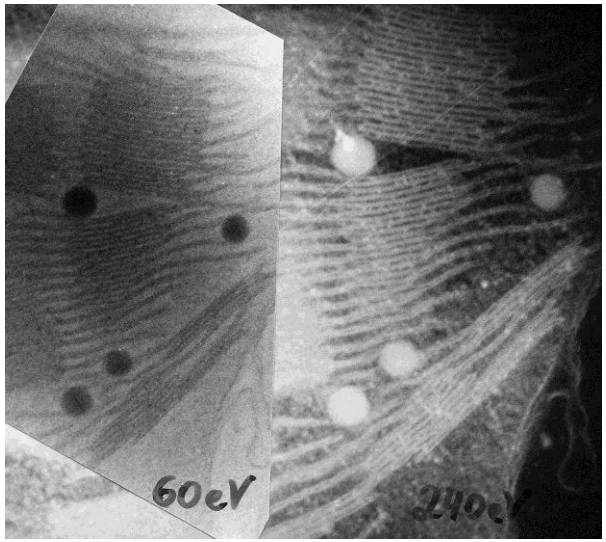


Pflanzliche Strukturen neu gesehen…

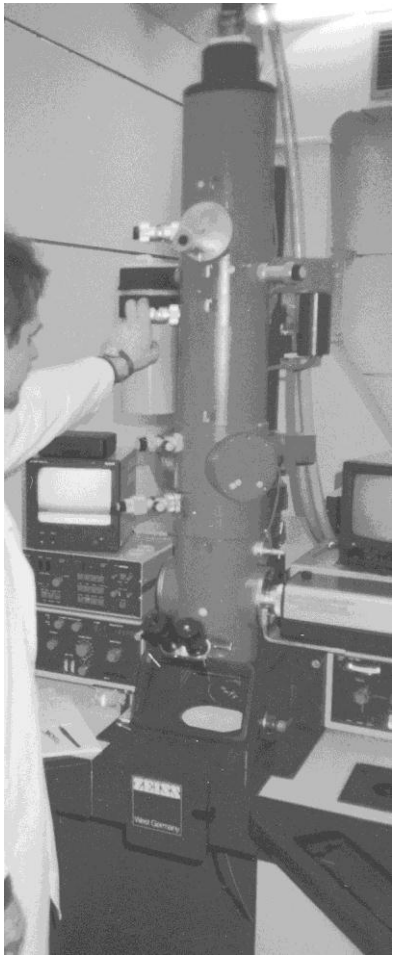
Blatt mit Pilzbefall im Herbst, Seneszenz der Chloroplasten wird sofort ausgelöst: für AK Wittig/ Ballach



Plastidenstruktur mit unterschiedlicher Elektronenvolt-Einstellung fotografiert: Ausnutzung inelastischer Elektronen (1991)

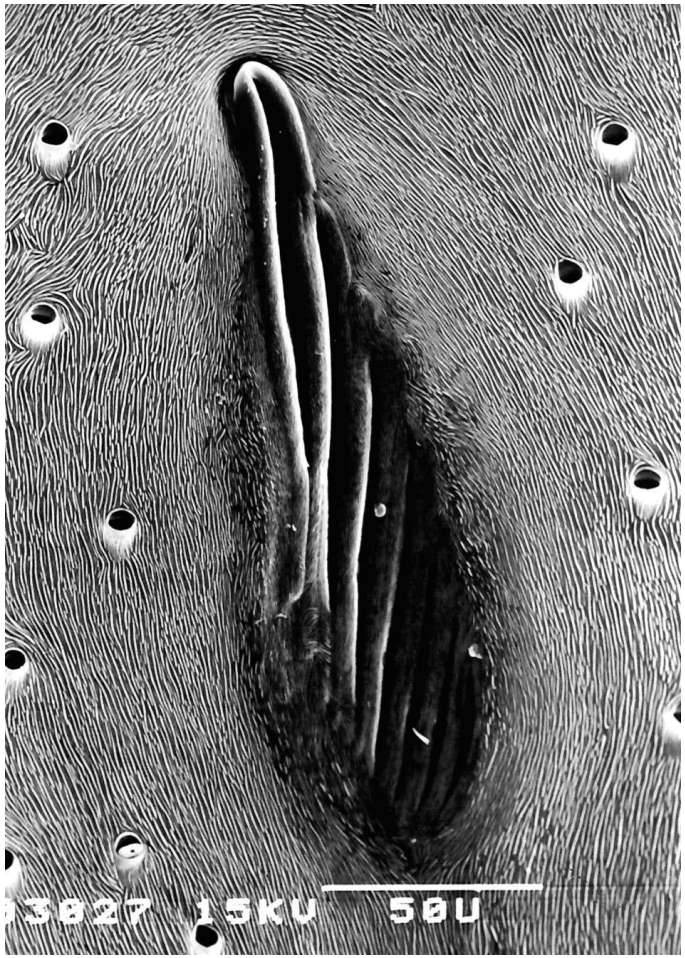


TEM wechselte Standort: aus der Siesmayer Straße ins neugebaute Biozentrum (1993) nach „Niederursel“ (später Campus Riedberg genannt)



Praktika der Zoologen wurden gerne mit Terminen am Raster garniert…

- *Traditionell gab es lange Jahre das Praktikum „Hörbiologie“, veranstaltet durch Prof. Christian Winter, aber auch die Arbeitskreise Fleissner, Gnatzy und Seyfarth brachten regelmäßig - Semester für Semester - den „Studierenden“---------- die wundervolle Morphologie am Elektronenmikroskop von Insekten und Spinnentieren näher.*

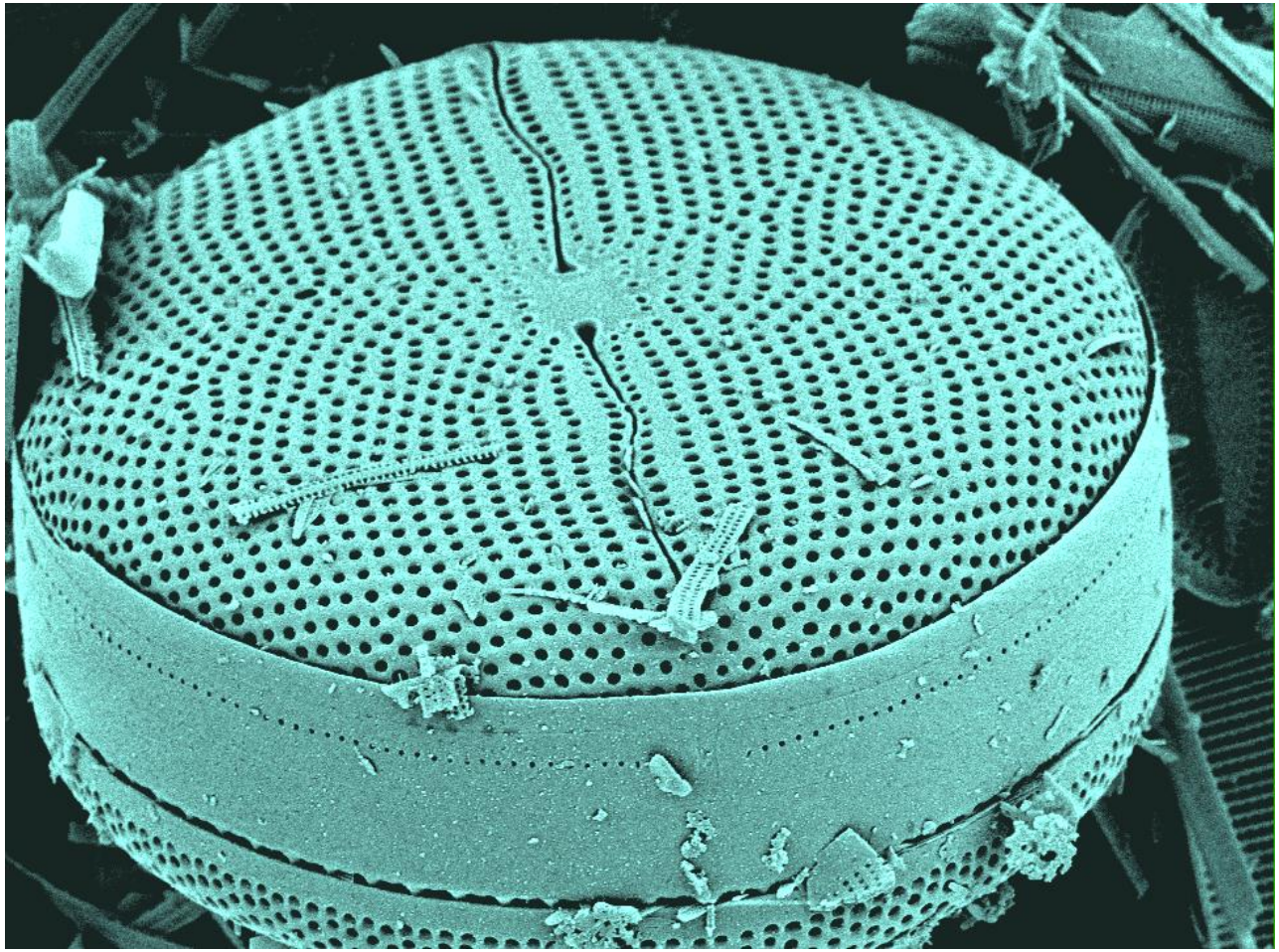


Die Kraftquelle aus Wolfram wurde noch lange an allen Geräten ausgetauscht

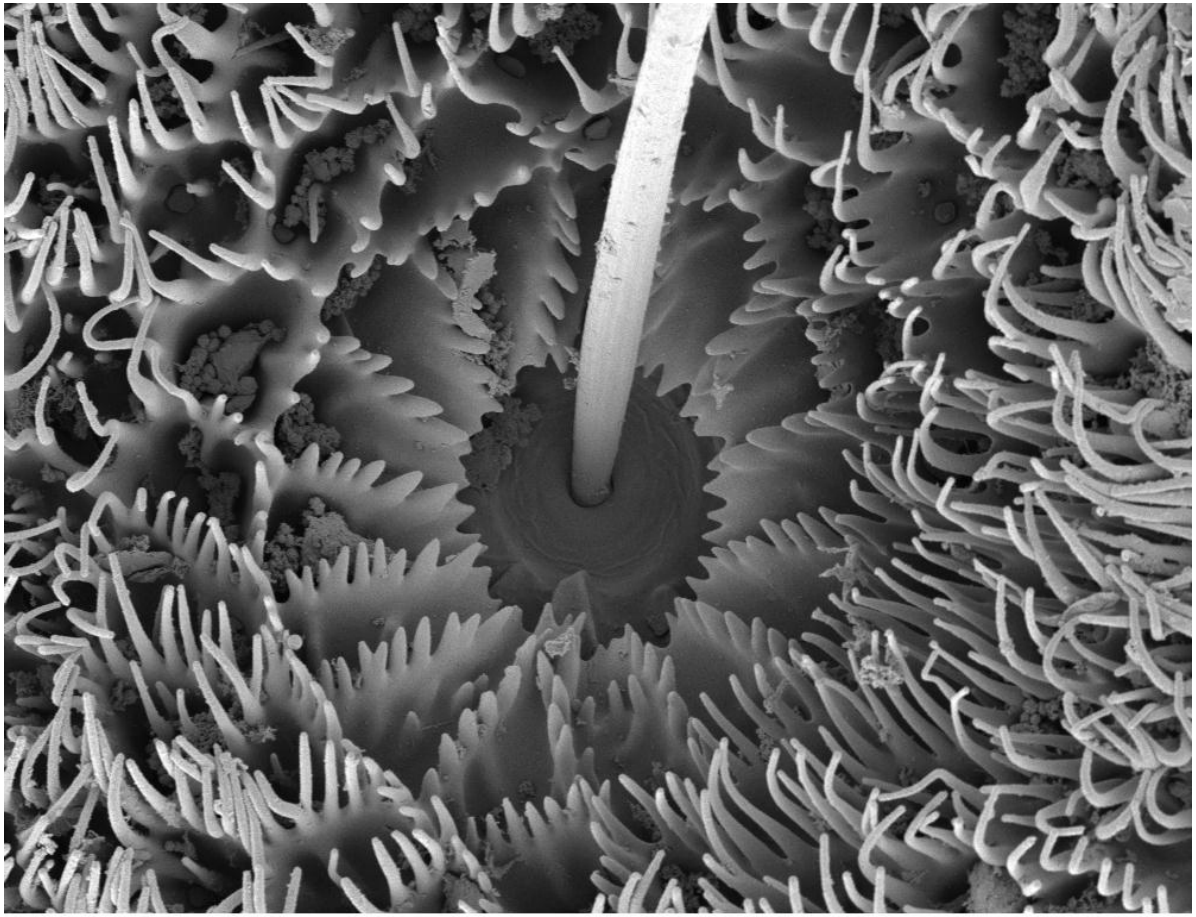
- Wechselnde Schicksale erlitten dann das EM 902 und das Hitachi H-500 (Zoologisches Institut). Diese Geräte wurden später abgeschafft und ersetzt durch ein
- Philips CM 12 (Baujahr 1989): Aufstellung und Mitnahme durch die Molekularbiologin und EM-Bevollmächtigte des Fachbereichs Frau Prof. Claudia Büchel. Das Hochleistungs-TEM befindet sich jetzt im BIOLOGICUM in der Elektronenmikroskopie.

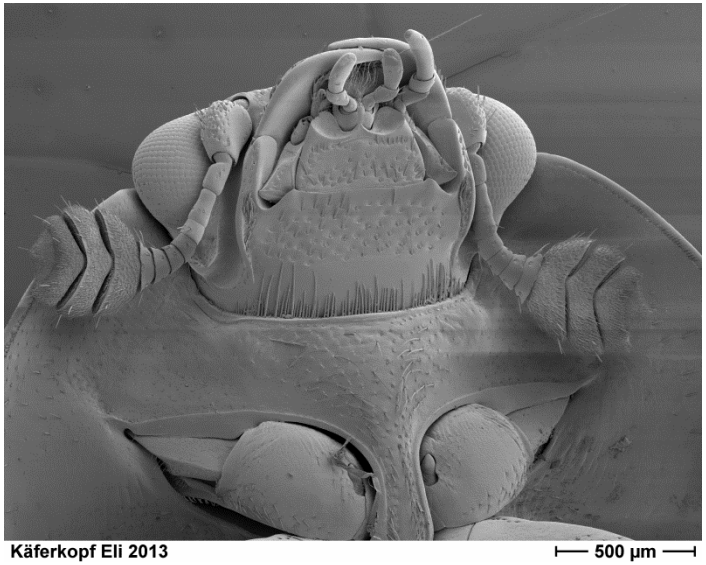
1996: aber endgültig in die Oberliga der Qualitäts-Raster-Arbeit kam der Fachbereich erst mit dem Feldemissions-Raster-EM **Hitachi S-4500**.

(hier ist eine marine Kieselalge zu sehen: für Univ. Szczecin)



Dieses Hochleistungsgerät sollte allen Arbeitsrichtungen dienen, man konnte nun von einem Insektenkopf sowohl die Übersichten weiterhin mit schwächster Vergrößerung erzeugen, als auch die Antennenfeinstrukturen mit zig-tausend – immer noch sauber aufgelöst – fotografieren, etwa für die Arbeitsgruppe um Prof. Werner Gnatzy , siehe unten; die Plastizität war enorm und ermöglichte neben den hochaufgelösten Bildern mit einem zweiten Detektor auch noch die „Schönfotos“ für Illustrationen.





Das REM-Service-Labor betreute immer mehr Arbeitsgruppen sowohl aus dem Uniklinikum Frankfurt, als auch von anderen Institutionen und Privatfirmen. Besuche von Schülergruppen wurden häufiger, die jungen Leute fotografierten mit Begeisterung die Welt im Kleinen, siehe obiges Foto.
Aber auch die Arbeit, etwa die mit Kieselalgen (Horst Lange-Bertalot), lief kontinuierlich, meist gesteigert weiter, neue interne Gruppen kamen dazu: etwa die „Feinstrukturelle Mykologie“ des Arbeistkreises Frau Prof. Meike Piepenbring.

Im Oktober 2011 erfolgte der Umzug ins BIOLOGICUM zum Riedberg Frankfurts.

Service-Labor
am Fachbereich Biowissenschaften

Zufriedene Gesichter in der Siesmayer Straße (um 1997): marine Kieselalgen werden weltweit bearbeitet…

Umzug gut überlebt (2014): noch arbeitet die erste Kathode…