

„25 Jahre Theoretische Biologie an der Universität Bonn“ Rückblick und Ausblick

Ein Bericht von der
Jubiläumsfeier am Freitag, 30. September 2011

Wolfgang Alt, Theoretische Biologie (IZMB)

Auf dem Programm stand zunächst ein **Kolloquiumsvortrag**:

„**Auf der Spur des Lebendigen: Selbstorganisation von Semizellen auf reaktiven Oberflächen**“
von Dipl.-Biologe Adrian Klein (Institut für Zoologie, Univ. Bonn)

Eingeladen war zu diesem „**Interdisziplinären Kolloquium Komplexe Systeme**“, welches seit 2007 regelmäßig vom IZKS (Interdisziplinäres Zentrum für Komplexe Systeme) in verschiedenen Instituten auf dem Campus Poppelsdorf bzw. Endenich veranstaltet wird. Das IZKS wurde seiner Zeit gegründet unter Federführung des Kollegen *Sergio Albeverio* (Angew. Mathematik) und wird derzeit (im Vorstand) geleitet von den Kollegen *Andreas Hense* (Meteorologie), *Klaus Lehnertz* (Epileptologie) und *Volker Jentsch*.

Dieses Kolloquium steht in der Traditionskette des 1987 gegründeten „**Bonner Biomathematischen Kolloquiums**“ und geht als solches mit dem beginnenden Wintersemester 2011/12 in sein 50. Semester! Das damals neuartige, weil fachübergreifende Kolloquium – über Themen der Modellierung und Datenverarbeitung in biologischen Systemen – entstand in Zusammenarbeit mit den Kollegen *Max Baur* (Institut für Mediz. Biometrie) aus der Medizinischen Fakultät und *Otto Richter* (Institut für Betriebslehre) aus der Landwirtschaftlichen Fakultät. Letzterer hatte als Professor für „Mathematik und Statistik in der Biologie“ schon einige Jahre lang Blockveranstaltungen für Biologie-Studierende gehalten – und hiermit den Weg gewiesen für die ab dann von der „Theoretischen Biologie“ durchgeführten Blockübungen und Seminare. Nachdem *Otto Richter* 1988 einen Ruf an die Technische Hochschule Braunschweig erhalten hatte (jetzt ist er deren Vizepräsident), übernahm sein Nachfolger, Kollege *Hans-Peter Helfrich*, für fast 20 Jahre die Mit-Organisation des Kolloquiums und garantierte damit den andauernden wissenschaftlichen Austausch zwischen den „Modellierern und Statistikern“ in den drei genannten Fakultäten. (Die jeweils *kursiv fettgedruckten* Namen bezeichnen anwesende Personen, welche von mir dann auch herzlich begrüßt und vorgestellt wurden). In den zahlreichen Kolloquien, insbesondere auch jüngerer Wissenschaftler, wurden nicht nur mathematische Anwendungen in der Biologie, sondern auch in der Physik, Geologie und später auch der Meteorologie angesprochen. Daher auch 2005 die Umbenennung in „Interdisziplinäres Kolloquium: Systemtheorie in den Bio- und Geowissenschaften“, wozu als Mit-Organisator insbesondere *Andreas Hense* gewonnen werden konnte.

Heute fand das Kolloquium im neu gestalteten Raum 410 des ehemaligen „Soennecken-Gebäudes“ statt, mit prächtiger Aussicht auf das Siebengebirge – bis vor einigen Jahren war hier die Teil-Bibliothek „Kirschallee“ des Botanischen Instituts untergebracht. Jetzt ist er als „CIP-Raum“ mit 24 Rechner-Arbeitsplätzen hergerichtet, in dem Kollege *Michael Welter* (Mathematisches Institut) jedes Jahr – innerhalb der acht Wochen vor Weihnachten – die **Rechnerübungen des Bachelor-Moduls „Mathematik und Statistik für Biologen“** durchführen lässt. Als „Leuchtturmprojekt“ hatte ich im Akademischen Jahr 1995-96 zusammen mit dem Kollegen *Hajo Bünger* (Institut für Angewandte Mathematik) die Mathematik-Ausbildung als zwei-semesterige Veranstaltung neu konzipiert: Seitdem bereiten Vorlesung und Tutorien den Stoff theoretisch auf, welcher dann anhand typischer Anwendungsprojekte in Kleingruppen mithilfe der Programmiersprache MATLAB am Laptop-Rechner praktisch eingeübt wird. In früheren Semestern waren teilweise Lehrbeauftragte hierfür eingesetzt worden, wie etwa die Zoologin und Biomathematikerin *Barbara Hellriegel* aus Basel, heute als Referentin für Biomathematik bei Birkhäuser/Springer tätig.

Außerdem haben wir in diesem Raum die Rechnerpraktika „**Simulation models in systems biology**“ für den Master-Studiengang „Life Science Informatics“ (LSI) durchgeführt, die nun vom Kollegen *Holger Fröhlich* (B-IT: Bonn-Aachen Institut für Informationstechnologie) übernommen worden sind, welcher das Fach „Algorithmische Bioinformatik“ vertritt. Begrüßen konnte ich in diesem Zusammenhang auch den Direktor des B-IT, den ehemaligen Dekan und derzeitigen Prorektor für Planung und Finanzen, Herrn Kollegen *Armin Cremers*. Es wäre noch zu erwähnen, dass er zusammen mit Herrn *Dr. Thomas Becker* (Universitätsarchiv) und mir an einem Kapitel zur Geschichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät im geplanten Festschrift-Band zum 200-jährigen Jubiläum unserer Universität im Jahre 2018 arbeitet.

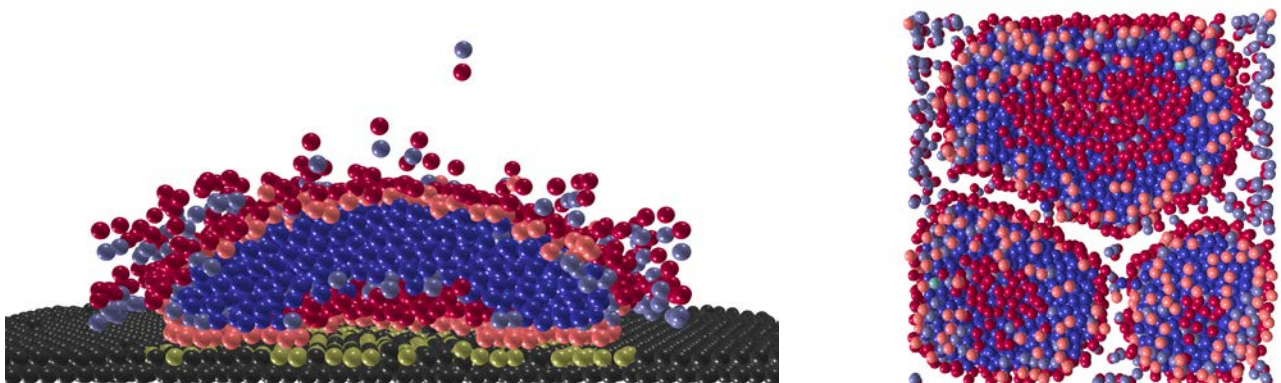
Des Weiteren freute ich mich, dass drei der vier Mitautoren eines im vergangenen Jahr gemeinsam publizierten Buches über „**Lebensentstehung und künstliches Leben**“, dem Thema des heutigen Kolloquiums, anwesend waren: die Kollegen *Volker Herzog* (Institut für Zellbiologie), *Ulrich Eibach* (Evangelische Theologie und Klinikseelsorge) sowie *Gunter Schütz* (Institut für Festkörperphysik, Forschungszentrum Jülich). Der fünfte Mitautor *Stefan Schleim* ist inzwischen als junger Professor der Philosophie an der Universität Groningen tätig. Das Buch mit dem Untertitel „Naturwissenschaftliche, philosophische und theologische Aspekte der Zellevolution“ erwuchs aus einem von den Kollegen *Herzog* und *Eibach* initiierten Diskussionskreis, dem ursprünglich auch unser Kollege *Thomas Wienker* (Humangenetiker, jetzt am MPI für Molekulare Genetik in Berlin) angehörte. Dessen Rolle durfte ich dann vor ca. 2 Jahren übernehmen und erhielt somit die Gelegenheit, meine Konzeptionen einer möglichen „Theorie des Lebendigen“ im interdisziplinären Diskurs zu entwickeln und aufzuschreiben.

Bei unserem traditionellen Pfingstseminar zur „Theoretischen Biologie“ im vorigen Jahr 2010 berichtete ich über die Hauptthesen meines gerade fertiggestellten Buchbeitrages, in dem ich auf Grundlage der **Lebensursprungs-Hypothesen** des Chemikers *Günter Wächtershäuser* die Möglichkeiten einer molekularen Selbstorganisation von sogenannten „Semizellen“ an reaktiven Oberflächen explizierte: durch sukzessive Bildung von Lipid-Mono/Bilayern und deren differenzieller Adhäsion. Gleichzeitig stellte ein Doktorand im Graduiertenkolleg „Bionik“, der im Institut für Zoologie arbeitende Diplom-Biologe *Adrian Klein*, ein abstraktes Vielteilchen-Simulationsmodell mit verschiedenartigen Interaktions-Möglichkeiten vor, so dass es nur einer „zündenden Idee“ bedurfte, dieses Modell zu verallgemeinern und auf die spontane Semizell-Bildung anzuwenden: Durch sukzessive Erweiterung und („geniale“) Verfeinerung funktionell sinnvoller Reaktionsketten konnte *Adrian Klein* innerhalb eines Jahres in kontinuierlicher Kooperation mit unserer Gruppe (insbesondere mit dem Theoretischen Physiker *Martin Bock* und mir) durch Ausnutzung längerer paralleler Rechenzeiten an mehreren Kleinrechnern das Resultat erzielen, welches er nun im Rahmen des IZKS-Kolloquiums öffentlich vorstellte: „Auf der Spur des Lebendigen: Selbstorganisation von Semizellen auf reaktiven Oberflächen“.

Das Thema gehört in den Kernbereich der „Theoretischen Biologie“, denn deren generelle Aufgabe besteht ja in der Aufdeckung bzw. Erschließung von „Prinzipien“ für das Funktionieren biologischer Systeme, und dies mit Hilfe theoretischer Konzepte, mathematischer Modelle, numerischer Simulationen und deren statistischen Vergleichen zu experimentellen Beobachtungen. Hierbei hat sich unsere Bonner Arbeitsgruppe von Beginn an konzentriert auf die Prinzipien „biologischer Bewegung“. Demgemäß bat ich *Adrian Klein* zum Vortrag, nicht ohne vorab die Frage zu stellen: „Wie viel Bewegung war am Anfang des Lebens?“

Zum Vortrags-Inhalt hier nochmals die angekündigte **Zusammenfassung**:

„Die Entwicklung zellartiger Strukturen ist ein bedeutender Schritt in der Evolution des Lebendigen. Der Ursprung des Lebendigen wird in einem reaktiven Milieu, welches auch heutzutage nahe vulkanisch aktiver Zonen der Tiefsee anzutreffen ist, vermutet. Es ist bekannt, dass H_2S , FeS und andere metallische Zentren Reaktionen ermöglichen, in denen organische Moleküle entstehen. Ob jedoch zellartige Strukturen unter solch reaktiven Bedingungen entstanden sind ist ungewiss. Ausgehend von der *Lebensursprungstheorie* *Günter Wächtershäuser* haben wir ein Modellsystem gefunden, in dem semizelluläre Strukturen auf einer katalytisch aktiven Oberfläche entstehen. Hierbei bestimmen die Interaktionsstärke von Soluten sowie die Geschwindigkeit wechselseitiger Reaktionen das Erscheinungsbild der Semizellen. Während des Simulationsverlaufes entstehen anfänglich amphiphile Moleküle an einer katalytisch aktiven Oberfläche. Anschließend selbstorganisieren sich doppelschichtige Membranen durch lipo- und hydrophile Aggregation. Zwischen Doppelmembranen und Oberfläche bilden sich stabile, Solut-gefüllte Volumina. Wir postulieren *Semizellen* als potentielle Zellvorläufer elementarer Oberflächenorganismen.“



Mit ausgiebigen Simulationsserien bei Variation von Schlüssel-Parametern konnte *Adrian Klein* zeigen, unter welchen Bedingungen stabile „Semizell“-Formationen im Modell entstehen und wie sie als multi-zellulärer Verband miteinander in Wechselwirkung stehen können. Die anschließende rege Diskussion legte das Augenmerk auf einige für die vorgestellte Modellierung „entscheidende“ Fragen:

- Kann überhaupt – und wenn, ab wann – von einem „Leben“ der sich aufgrund physikalisch-chemischer Prozesse gebildeten „Semizellen“ gesprochen werden?
- Sind die im Simulationsmodell als einfache Kugeln repräsentierten „Moleküleinheiten“ mit ihrem Bindungsverhalten hinreichend fein und präzise, um das wirkliche physikalisch-chemische Geschehen zu simulieren?
- Stehen die durch starke thermische Fluktuationen gekennzeichneten Formbildungen dieser simulierten „Semizellen“ nicht im Widerspruch zu „analogen“ Experimenten, welche Lipid-Vesikel in eher regulären Anordnungen vorweisen?

In seinen Antworten wies *Adrian Klein* vor allem darauf hin, dass das vorgestellte Simulationsmodell nur die „prinzipielle“ Funktionsweise einer möglichen spontanen Bildung von adhäsiven „Schutzhüllen“ aus amphiphilen Molekülketten nachweisen will und dass spezielle Ausformungen mit „realistischeren“ Moleküleigenschaften durch Modellverfeinerung zwar erreicht werden könnten, allerdings nur mit längeren, schwer abschätzbaren Rechenzeiten. Außerdem wurde in der Diskussion auf die langen Zeitspannen hingewiesen (mehrere Hundert Millionen Jahre), die eine solche postulierte Entwicklung zur Zellbildung in Anspruch genommen haben könnte. Die vorgeführten Simulationen mögen hierbei nur einen kleinen Ausschnitt unter gewissen vereinfachten Aspekten beschreiben. Mit Dank an den Referenten und die Diskutanten ging es dann in eine kurze Erfrischungspause, wonach die Präsentation der 25-jährigen „Geschichte“ der Abteilung Theoretische Biologie begann.

Die Anfänge der „Theoretischen Biologie“ in Bonn

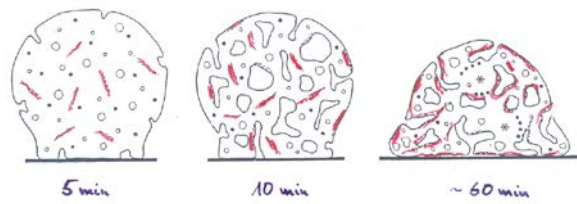
Schon im November 1982 hatte der im Botanischen Institut wirkende Ökophysiologe *Klaus Brinkmann* der Fachgruppe Biologie die Schaffung einer Professur im bisher nicht vertretenen, aber fundamental wichtigen Bereich „**physikalisch-mathematische Biologie**“ vorgeschlagen, in dem thematisch und strukturell drei Fachgebiete zusammenwirken sollten: **Biophysik**, **Biomathematik** (Kybernetik und Synergetik) sowie **Biometrie**. Die Diskussion darüber und über eine mögliche zu besetzende Stelle innerhalb der Fachgruppe Biologie zog sich über zwei Jahre hin, so dass schließlich im November 1984 die Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät die Ausschreibung einer neu eingerichteten **C3-Professur für Theoretische Biologie** bekanntgeben konnte mit dem folgenden Inhalt:

Der Inhaber dieser Professur soll als Systemtheoretiker oder Synergetiker an tierischen, pflanzlichen oder mikrobiologischen Objekten Systemanalyse und Modellbildung betreiben. Auf die Untersuchung der Gesetzmäßigkeiten offener, nicht linearer Systeme oder der Regelung in biochemischen Systemen und der Selbstorganisation wird besonderer Wert gelegt. Es wird von ihm die Bereitschaft zu einer interdisziplinären Zusammenarbeit mit experimentell arbeitenden Fächern der Biologie erwartet.

Im Unterricht soll der Stelleninhaber in Zusammenarbeit mit Dozenten der Fachgruppe Mathematik/Informatik die mathematische Grundausbildung der Biologen gestalten und im Hauptstudium spezielle Vorlesungen sowie Blockkurse aus der theoretischen Biologie für Fortgeschrittene anbieten.

Diesem Aufgabengebiet entsprechend war die angesprochene **Fachgruppe Mathematik/Informatik** zu gleichen Teilen wie die **Fachgruppe Biologie** in der Berufungskommission vertreten. Soweit ich informiert bin, bot sich ein weites Spektrum von Bewerbern aus verschiedenen in Frage kommenden Fachrichtungen an: Physik, Mathematik, Informatik und Biowissenschaften. Unter anderem hatte sich auch der in der Arbeitsgruppe von **Klaus Brinkmann** tätige Mathematiker *Dr. Wolfgang Martin* beworben, der über Zeitreihenanalyse rhythmischer (etwa circadianer Prozesse) arbeitete und sich vor kurzer Zeit im Fach „Systemanalyse und Signaltheorie“ an der Fakultät habilitiert hatte (siehe das Bild auf Seite 5).





Im Sommer 1985 hatte ich mich als Mathematiker auf die Stelle beworben mit einem Vorstellungsvortrag zu meinem schon damals zentralen Forschungsthema: Modellierung biologischer Bewegung, insbesondere von pulsierenden Kontraktions-Bewegungen des a-zellulären Schleimpilzes *Physarum polycephalum*. Dieser Organismus mit seiner cytoplasmatischen Dynamik und Regenerationsfähigkeit bildete den damaligen Forschungsschwerpunkt des **Instituts für Cytologie** auf dem Campus Endenich, welches von Prof. *Karl-Ernst Wohlfahrt-Bottermann* geleitet wurde. Schon während meiner Berufungsverhandlungen hatte ich Gelegenheit, dieses Institut und seine Arbeitsgruppen kennenzulernen. Hieraus hat sich eine bis heute andauernde ergiebige Kooperation mit experimentellen Zellbiologen an der Universität Bonn entwickelt. Bei vielen Kolloquien und Workshops der Theoretischen Biologie war der geschätzte Kollege **Wohlfahrt-Bottermann** ein treuer und kritischer Begleiter wie von Beginn an wohlwollender Unterstützer unserer interdisziplinären Arbeit.

In den Verhandlungen über die Ausstattung meiner „kleinen Professur“ fand ich in dem damaligen Dekan *Stefan Hildebrandt*, dem Prodekan *Karl-Werner Glombitza* und dem damaligen Vorsitzenden der Fachgruppe Biologie, **Rainer Keller** (den ich heute auch begrüßen konnte), freundliche und hilfreiche Gesprächspartner, die mir die Entscheidung zum Aufbau einer fachübergreifenden Arbeitsgruppe innerhalb der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät leicht machten. Als Arbeitsstelle konnte ich wählen zwischen dem **Zoologischen Institut** (mit Direktor *Hans Schneider*) im Poppelsdorfer Schloss oder dem **Botanischen Institut** (mit Direktor *Andreas Sievers*), und zwar dessen „Zweitstelle“ im Gebäude des ehemaligen „Soennecken“-Werkes in der Kirschallee. Letztere war dort seit 1970/71 vom zweiten Botanik-Professor *Augustin Betz* aufgebaut worden, zusammen mit dem Elektronik-Labor von *Paul Blaszczik*, der 2011 sein 40-jähriges Jubiläum feiern konnte und wesentlich zur Ausgestaltung und Renovierung des teilweise über 125 Jahre alten Fabrik-Gebäudes beigetragen hat. Aufgrund der dort in Aussicht gestellten Räumlichkeiten und der hiermit verbundenen Entfaltungsmöglichkeiten entschied ich mich zum Einzug ins „Soennecken“: Im August 1986 bezog ich zunächst zwei Räume der Arbeitsgruppe Brinkmann im Erdgeschoss an der Nordseite (ganz links im Bild), von wo ich zum Sommersemester 1987 ein Stockwerk höher in den großen „Herrensaal“ der ehemaligen Institutsbibliothek übersiedeln konnte, zusammen mit meiner Wissenschaftlichen Hilfskraft, dem Diplom-Mathematiker **Wolfgang Wiechert**. Gemeinsam organisierten wir in diesem einzigen Raum den ersten Blockkurs über „Simulationsmodelle in der Biologie“ mit 6 einfachen Rechnerarbeitsplätzen (inklusive unserer eigenen) – heute Sozialraum der eng mit uns verbundenen Arbeitsgruppe **Milan Höfer**.



Zum Januar 1988 konnte die „Abteilung Theoretische Biologie“ mit inzwischen drei Doktoranden und einigen Diplomanden in die vom Staatshochbauamt großzügig ausgebauten Räume im 4. Obergeschoss des alten Soennecken-Gebäudes überwechseln. Nach sukzessiver Erweiterung sind dies heute insgesamt zwölf Arbeits-, Computer- und Seminarräume im gesamten Bereich der sonnig gelegenen Südwestecke (rechts oben im Bild, inklusive des vorgebauten CIP-Rechnerraums 410).

Forschungen der Abteilung im Botanischen Institut

Naheliegender war, dass die ersten Kooperationen mit Experimentalwissenschaftlern innerhalb des damals noch bestehenden großen Botanischen Instituts erfolgten (das älteste naturwissenschaftliche Institut in Bonn mit Gründung 1865 durch den Pflanzenphysiologen *Johannes Hanstein*, dessen Assistent *Johannes Reinke* später in Kiel das erste Buch über „Theoretische Biologie“ geschrieben hat – siehe dazu die Auslage in der Vitrine). Ob gravitrop oder in Schwerelosigkeit, die Arbeitsgruppen von *Andreas Sievers*, *Brigitte Buchen* und *Dieter Volkmann* untersuchten das circumnutrierende Wachstum von Kressewurzeln – unsere Aufgabe war die Entwicklung einer adäquaten Datenauswertung der beobachteten Phänomene und der Vergleich mit Rechner-Simulationen durch Modellierung der zugrundeliegenden physiologischen Mechanismen. Als Zweitbetreuer konnte ich mit *Andreas Sievers* die erste gemeinsame Diplomarbeit von *Anita Roth* „aus der Taufe heben“. Im Laufe der Jahre entstanden über diese und verwandte Thematiken etliche Diplomarbeiten im inzwischen etablierten Hauptfach „Theoretische Biologie“, von denen ich die von *Thomas Heimsath* erwähnen möchte über die Ausbreitung elektrischer Signale im apoplasmatischen Raum von Pflanzengeweben. Diese waren vom langjährigen Gastprofessor des Botanischen Instituts, *Zygmunt Hejnowicz* aus Katowice in Polen, insbesondere an Tulpenstengeln untersucht worden (die mechanischen Reize dabei maß er mit Geräten, die das Institut für Cytologie vorher für Kraftmessungen am Schleimpilz benutzt hatte).

Auch die erste Promotion im neugebildeten Fach „Theoretische Biologie“ an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät erlangte eine aus der Arbeitsgruppe *Sievers* stammende Botanikerin, nämlich *Ellen Buff*, mit ihrer Dissertation über Photosynthese-Modellierung. Heute ist *Ellen Baake* Professorin für Biomathematik und Theoretische Bioinformatik an der Universität Bielefeld und hat gerade die Leitung eines neuen DFG-Schwerpunktprogramms über mathematische Genetik übernommen!

Die zweite Promotion in „Theoretischer Biologie“ folgte gleich 1990, und zwar des schon genannten Doktoranden *Wolfgang Wiechert* über Datenanalyse bei biotechnischen Prozessen (auf dem Bild rechts der Zweitbetreuer *Wolfgang Martin* zusammen mit dem Mikrobiologen *Erwin Galinski* und mir). Nach seiner Postdoc-Tätigkeit am Forschungszentrum Jülich erhielt er 1995 die erste Habilitation für das Fach „Theoretische Biologie“ und gründete in unserer Abteilung eine eigene Arbeitsgruppe über die Modellierung metabolischer Netze und Fermentersteuerung, woraus etliche Schüler hervorgingen, insbesondere zu nennen sind *Michael Kinder*, *Michael Möllney* und *Michael Wurzel*. *Wolfgang Wiechert* wurde dann als Professor für Simulationstechnik an die Universität Siegen berufen und ist heute als Direktor für Biotechnologie im Institut für Bio- und Geowissenschaften wiederum am FZ Jülich tätig, während *Michael Kinder* eine Professur für Finanz- und Biomathematik an der Fachhochschule im RheinAhrCampus Remagen ausübt (siehe weiter unten).



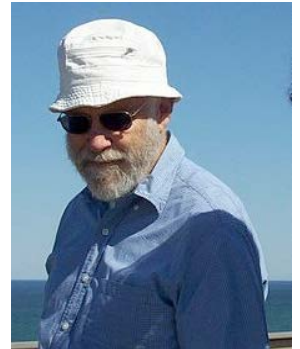
Kooperation mit mathematischen Forschungsgruppen

Der Aufbau der vielfältigen Lehr- und Forschungsaktivitäten unserer neuen Abteilung war jedoch nur möglich, weil ich ab 1987 kontinuierlich die Gelegenheit erhielt, als Mitglied von Sonderforschungsbereichen (SFB 256 und 611) unter Federführung des **Instituts für Angewandte Mathematik** eine ganze Reihe wichtiger Projekte zur mathematischen Modellierung verschiedener Typen zellulärer Bewegung durchzuführen. Zunächst arbeiteten meine zwei Mitarbeiter (die Mathematikerin *Beate Pfistner*, der Diplom-Ingenieur *Thomas Pohl* und ich) im Teilprojekt „Parabolische Systeme“, das mein Bruder *Hans Wilhelm Alt* leitete; ab 1996 wechselte ich, unserer Differentialgleichungsmodelle entsprechend, zum Teilprojekt „Hyperbolische Gleichungen und Systeme“, dessen Leitung Kollege *Rolf Leis*, der langjährige Professor für Mathematische Physik, mit mir teilte. Seit 2002 führen mein Bruder und ich ein gemeinsames Teilprojekt über die Dynamik von Surfactants auf den wässrigen Oberflächen von Lungen-Alveoli, bei dem wir auch mit Kollegen *Martin Rumpf* vom **Institut für Numerische Simulation** zusammenarbeiten. Die Modell-Untersuchungen von Lipid-Monolayern mit möglichen Phasenübergängen beim periodischen Atmen sind bisher von verschiedenen Postdoktoranden durchgeführt worden, *Martin Rost* und *Andrey Ryskin* (Theoretische Physiker) sowie derzeit von *Miguel A. Alejo* (Angewandter Mathematiker und Physiker) zusammen mit der Doktorandin *Annelene Wittenfeld*.

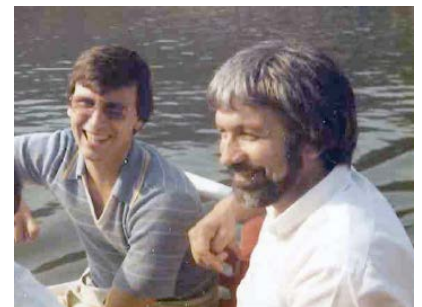
In einem weiteren Projekt ging es um Herleitung und Analyse der stochastischen Interaktionsdynamik zwischen steifen oder semi-flexiblen Aktin-Filamenten (mit der Mathematikerin **Edith Geigant** und später den Biologen **Dieter Felix** und **Dagmar Bär**), was unter anderem zu einer Kollaboration mit dem geometrischen Mathematiker **Heiko von der Mosel** (jetzt in Aachen) und einem gemeinsamen Diplomanden **Philipp Reiter** (jetzt in Freiburg) führte. In diesem Umfeld entstand eine intensive Zusammenarbeit mit Kollegen **Sergio Albeverio** über nichtlineare stochastische Differentialgleichungsmodelle zur Modellierung von Vogelschwarm-Dynamiken, zu welchem Thema mindestens zwei Diplomarbeiten in Angewandter Mathematik hervorgegangen sind (**Ralf Müller** und **Oliver Pohl**). Die Analyse solcher Systeme war auch Grundlage zur Formulierung eines „Tandemprojekts“ gemeinsam mit **Sergio Albeverio** im Antrag auf Bewilligung des Mathematik-Exzellenz-Clusters im Jahr 2006.

Als weitere Postdoktorandin arbeitete die Mathematikerin **Ulrike Schuldenzucker** für einige Zeit in unserer Abteilung. Wie mein verehrter biomathematischer Mentor **Hans Bremermann** – und ich selbst – hatte sie zunächst in komplexer Funktionentheorie promoviert, um dann in der Theorie partieller Differentialgleichungen zu arbeiten und sich schließlich ganz der Mathematischen Biologie zuzuwenden ... aber hierzu und zu meinen biomathematischen Wurzeln vor der Berufung nach Bonn ließ ich meinen ehemaligen Doktorvater an der Universität Münster und ehemaligen Chef während meiner Assistentenzeiten in Münster und Heidelberg, Prof. **Willi Jäger** zu Wort kommen:

Dieser erwähnte als meinen frühesten Mentor den israelischen Biomathematiker **Lee Segel**, dessen Arbeiten über **Chemotaxis-Systeme** in Bakterien- und Schleimpilz-Kulturen wegweisend für mich waren und sich insbesondere in meiner Habilitationsschrift am Institut für Angewandte Mathematik in Heidelberg 1980 niedergeschlagen hatten. Die Mitautorin der Publikation des bekannten Keller-Segel-Systems von 1971 war seine ehemalige Schülerin **Evelyn Fox Keller**, welche wir im Jahre 1979 neben zahlreichen anderen mathematischen Biologen zu einer gemeinsam organisierten Internationalen Konferenz mit dem Titel „Biological Growth and Spread“ nach Heidelberg eingeladen hatten. Heute ist sie eine bekannte Professorin für „Geschichte und Philosophie der Naturwissenschaften“ am MIT in Massachussets.



Auch mein wichtigster Kollaborator über Chemotaxis-Modelle von Leukozyten und Entzündungsprozessen, **Douglas Lauffenburger**, war auf dieser Konferenz (im Bild linkerhand, zusammen mit **Willi Jäger**). Als „biochemical engineer“ verfügte er schon damals über die Möglichkeit, sowohl experimentelle Analysen als auch erklärende Modellsimulationen durchführen zu können, womit er mir den Weg zur späteren interdisziplinären Arbeit mit experimentellen Kollegen gewiesen hat. Heute ist er leitender Direktor eines bekannten Systembiologie-Labs, ebenfalls am MIT.



Zum Abschluss seiner „Erinnerungstour“ erwähnte Willi Jäger noch die regelmäßig alle drei Jahre von ihm und dem Tübinger Biomathematiker **Karl-Peter Hadeler** veranstaltete internationale Tagung „Mathematische Biologie“ im mathematischen Forschungszentrum Oberwolfach/Schwarzwald, deren Organisation wir „Jüngerer“ dann seit etwa 20 Jahren sukzessive übernommen hatten.

Hier ein Bild von 2003 mit **David Rand** (Systems Biology, Warwick), **Odo Dieckmann** (Angew. Mathematik, Utrecht) und mir (Reihenfolge von rechts nach links).

Interdisziplinäre Lehre, Beratung und Forschung

Die enge Verbindung zwischen mathematischer Analyse und biologischen Anwendungen war von Anfang an das Leitprinzip der interdisziplinären Arbeit unserer Abteilung. Dazu gehörte zum einen das regelmäßige **Seminar zur Theoretischen Biologie**, bei dem sich immer wieder ein interessantes Spektrum von Teilnehmern aus Biologie, Medizin, Physik, Mathematik, Informatik und gar Philosophie einfand. Ein anderes wesentliches Element war die **statistische Beratung** der experimentell arbeitenden Kollegen, Mitarbeiter oder Examenskandidaten aus vielen biologischen Instituten der Fachgruppe. Diese Beratung wurde zunächst vorwiegend von **Beate Pfistner** und **Oana Brosteanu** durchgeführt, welche beide nach ihrer Promotion in Theoretischer Biologie und ihrem Weggang von Bonn für Jahrzehnte in der Klinischen Biometrie gearbeitet haben (an den Universitäten zu Köln bzw. Leipzig). Danach habe ich dies selbst übernommen, wobei ich in jedem einzelnen Falle die statistische Datenauswertung nach Möglichkeit durch geeignete Modellierung der vermutlich zugrundeliegenden Prozesse stützen ließ, was sich meist als entscheidende Verbesserung herausstellte.

Dementsprechend habe ich meine regelmäßig stattfindende **Blockübung** unter dem Thema „Modellbasierte Datenauswertung in Zell- und Neurobiologie“ mit aktuellen Anwendungs-Projekten ausgestaltet, etwa zu Öffnungsdaten von Ionenkanälen, Spikemustern von Neuromasten im Seitenlinienorgan des Goldfisches (mit Daten aus dem Zoologischen Institut), Pfadanalysen beim Suchverhalten von Wüstenameisen (mit eigenen Daten des Doktoranden *Tobias Merkle*) oder Bewegungsanalysen migrierender Keratinozyten (mit eigenen Daten des Diplomanden *Christoph Möhl*).

Wissenschaftliche Assistentenstelle

Ab 1996 gewährte mir das Rektorat wegen der erfolgreich eingeworbenen SFB-Drittmittelprojekte eine eigene **Assistentenstelle** auf Zeit, die ich mit einem damals „frischgebackenen“ Doktor der Theoretischen Biologie besetzen konnte: *Jürgen Lenz* aus der Arbeitsgruppe „Bioenergetik“ des Kollegen **Milan Höfer** im Hause, mit der wir seitdem eine fruchtbare Zusammenarbeit entwickelt haben. In jüngster Zeit hat sich diese substantiiert in der Betreuung des Biomathematik-Bachelors *Matthias Kahm* von der Fachhochschule RheinAhrCampus Remagen, der als gemeinsamer Doktorand mit dem dortigen Biomathematiker **Maik Kschischo** ein Modell zu Regulation von Transportern und Kanälen bei Hefezellen erarbeitet. Der schon erwähnte Kollege **Michael Kinder** berichtete kurz über die Struktur des dortigen Bachelor-Studienganges „Biomathematik“ sowie des Masters in „Finance and Life Science“, innerhalb dessen die Sparten „Klinische Biostatistik“ und „Systembiologie“ mit einschlägigen Kursen und Vorlesungen bestückt sind, wie wir sie hier an der Universität Bonn ähnlich, aber nur teilweise anbieten!

Nach dem Weggang von *Jürgen Lenz* an das aus der Bioenergetik-Gruppe hervorgegangene Unternehmen Bioreact AG gründete der Biochemiker *Dr. Jan Ulrich Kreft* als Wissenschaftlicher Assistent und Mitglied des SFB 611 eine eigene Arbeitsgruppe mit dem Thema „Dynamik und Evolutionsökologie von Biofilmen“ und baute den Kontakt zum Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie (*Erwin Galinski*) erneut aus. Als Diplomand der Theoretischen Biologie ist hieraus **Andreas Dötsch** hervorgegangen, der dann zur Promotion an die GBF in Braunschweig gewechselt ist, sowie eine weitere Diplomarbeit. Nach Jan Krefts Berufung auf eine Professur für „Computational Biology“ an der Universität Birmingham wurde die Assistentenstelle seitens des Rektorats allerdings nicht mehr zur Verfügung gestellt.

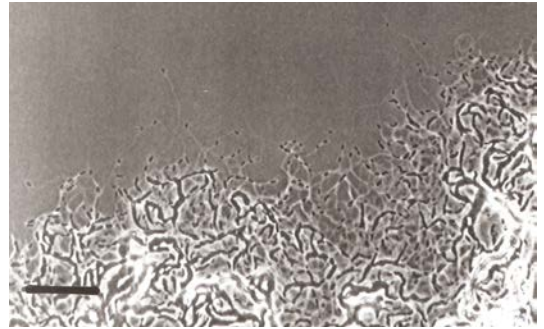
Eine ähnliche Arbeitsgruppe über „biologische Musterbildung in Morphogenese und Ökologie“ hatte bereits 10 Jahre zuvor der als Postdoktorand aus Bremen kommende Mathematiker **Andreas Deutsch** aufgebaut, der dann nach seiner Habilitation im Fach „Theoretische Biologie“ an die TU Dresden gegangen war, wo er als Professor eine Abteilung für Innovative Rechenmethoden mit Anwendungen in den Lebenswissenschaften leitet. Er benutzte und verallgemeinerte die Methode der „Zellulären Automaten“ zur Modellierung von interaktiver raum-zeitlicher Dynamik, welche die ansonsten von uns gebrauchten Methoden kontinuierlicher Differentialgleichungen oder Vielteilchensimulationen gut ergänzte.

An dieser Stelle nutzte ich die Gelegenheit, **Andreas Deutsch** auch als „treasurer“ der vor 20 Jahren gegründeten „European Society for Mathematical and Theoretical Biology“ (ESMTB) vorzustellen, als deren Präsident ich in den Jahren 2006-2008 fungierte. Er hat wesentlich zur Konsolidierung der Society beigetragen, die durch den europäischen Rahmen eine fehlende entsprechende deutsche Gesellschaft ersetzt. Schon 25 Jahren editieren, drucken und verteilen wir von Bonn aus das Kommunikations-Bulletin dieser Gesellschaft, zunächst als „Biomathematics Newsletters“, inzwischen als Journal mit dem Namen „*Communications in Mathematical and Theoretical Biology*“, zu dem zwei meiner Mitarbeiter einen (zumindest für mich überraschenden) Sonderband als reichhaltige „Festschrift“ zu unserem Jubiläum herausgegeben haben – Wir danken ihnen und allen, die dazu beigetragen haben!!

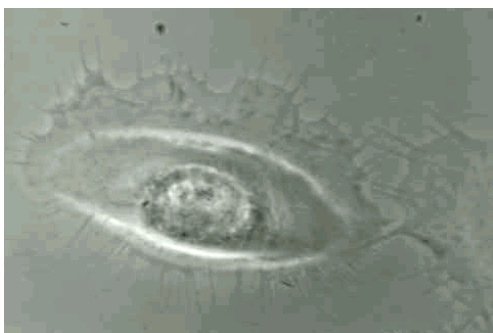
Themenschwerpunkte in Forschung und Ausbildung

Einen entscheidenden Impuls setzte die erfolgreiche Bewilligung des gemeinsam mit dem Institut für Mikrobiologie (*Dr. Wolfgang Dawid*) und der Dermatologischen Klinik (*Dr. Hans-Wilhelm Kaiser*) beantragten VW-Projektes im Rahmen des damals (1991) gerade auslaufenden „Synergetik“-Programms mit dem Thema „Kooperative Zellbewegung“ von Myxobakterien und Keratinozyten. Wir erhielten zwei Mikroskope, hochauflösende Kameras sowie weitere Utensilien, so dass wir über Jahre hinweg durch unsere Doktoranden und Diplomanden eigene Beobachtungen von Zellschwärmen und Einzelzellbewegungen in den experimentellen Labors durchführen konnten. Die Bildauswertung, statistische Analyse sowie begleitende Modellierung und Simulation erfolgte dann an unseren Abteilungsrechnern.

- Das bisher molekular immer noch nicht ganz verstandene Bewegungsverhalten von **Schleimbakterien** konnte in den Analysen der oszillierenden Bewegung von *Myxococcus xanthus* Zellen am Schwarmrand sowie in exprimierten Schleimspuren genauer charakterisiert und teilweise simuliert werden. Hieraus ergaben sich eine Dissertation (*Beate Pfistner*) und mehrere Diplomarbeiten in Theoretischer Biologie bzw. Angewandter Mathematik (*Liane Kornberger*, *Thomas Bender*) sowie intensive Kontakte zu anderen experimentellen bzw. theoretischen Gruppen in Braunschweig, Heidelberg und Dresden.



- Hauptaugenmerk lag jedoch auf der Analyse der Lamellipodienaktivität und Migration einzelner menschlicher **Keratinozyten** auf verschiedenen adhäsiven Substraten, die bis heute kontinuierlich fortgesetzt wurde, vornehmlich am Institut für Zellbiologie (*Volker Herzog*, *Gregor Kirfel*) sowie neuerlich auch am Institut für Genetik (*Clemens Rottner*) und am Forschungszentrum Jülich in der Arbeitsgruppe des Biophysikers *Rudolf Merkel*. Periodizitäten von Zell-Protrusionen, Auto/Kreuz-Korrelationen und Statistiken von Zell-Polarisierung und Migrationspfaden wurden in einer langen Reihe von Doktor- und Diplomarbeiten herausgefunden und modellgestützt interpretiert. Bahnbrechend hierbei waren die beachtlichen Ergebnisse des Zellbiologen *Boris Hinz*, der sich seitdem der analogen Untersuchung von Myofibroblasten widmet, erst an der Universität Lausanne, heute an der Universität Toronto (einige von ihm geschickte Folien konnte ich erläutern). Fortgeführt wurden die Arbeiten vom Postdoktoranden *Till Bretschneider*, der aus der Arbeitsgruppe von *Corneelis Weyer* in München kam, dort Modelle für die kooperative Bewegung von *Dictyostelium* Schleimpilzen gerechnet hatte und danach zunächst wieder in München bei *Günter Gerisch* (mit dem wir lange Jahre kooperiert haben) und nun an der Universität Warwick über die Aktin-Dynamik bei der Migration von Einzelzellen forscht. Von dort hatte er uns einen kurzen Bericht-Vortrag mitgebracht, in dem er eindrucksvoll zeigte, wie sich einige unserer in Simulationsmodellen formulierten Hypothesen, insbesondere zur Verteilung der Kräfte und des



hydrostatischen Drucks innerhalb der Zellen, durch neuere mikroskopische Untersuchungen bestätigen lassen. Solche Aussagen können nur gewonnen werden, wenn genaue quantitative Analysen vorliegen: Für die Bildverarbeitung von Phasenkontrastaufnahmen haben wir durch verbesserte Algorithmen einer „dynamischen stochastischen Kette“ die Zellranderkennung sukzessive präzisiert (*Oana Brosteanu*, *Martin Sahn*, *Torsten Libotte*, *Gregor Wenzel*, *Torsten Tauscher*, *Carina Wollnik*) und für die mathematische Beschreibung von Zellplasmabewegung und Zelldeformation/-migration das

„alt-bewährte“ Zweiphasen-Flüssigkeits-Modell (*Micah Dembo* & W.A.) zunächst im Rahmen der SFB-Projekte weiter untersucht (*Guido Scholz*, *Volker Lendowski*), dann im Zusammenhang mit einem neuen VW-Projekt zur Zellsimulation sowie einem kleinen DFG-Projekt durch die Hinzunahme der Adhäsionskinetik von Integrinen wesentlich verfeinert (*Esa Kuusela*, *Christoph Möhl*, *Martin Bock*, *Thilo Kahl*, *Sina Krokowski*, *Benjamin Schneid*). Im laufenden VW-Projekt arbeiten wir auch an der genaueren Quantifizierung der Dynamik von Zell-Zell-Interaktionen an Kontaktlinien in zwei-dimensionalen Monolayern von Keratinozyten.

- Ein hiermit bezüglich Mechanismen und Phänomenen verwandtes Forschungsthema aus dem Bereich der „Theoretischen Neurologie“ war die **Untersuchung neuronaler Zellen**. Zunächst interessierte uns in Zusammenarbeit mit dem Kollegen *Anton Wernig* vom Physiologischen Institut in der Poliklinik die Modellierung der Dynamik an der neuro-muskulären Synapse (*Uwe Hartung, Thomas Pascoletti*), dann in Kooperation mit dem Privatdozenten *Olaf Breidbach* vom Institut für Angewandte Zoologie (heute Evolutionsbiologie) die Morphologie und Elektrophysiologie von Dendriten (*Herrad Werner, Uwe Neugebauer, Patrick Hamilton*) und in neuerer Zeit in engem Kontakt mit *Karl Schilling*, dem Direktor des vorklinischen Anatomischen Institutes, die Zellbewegung von neuronalen Vorläuferzellen im sich entwickelnden Cerebellum (**David Hecker**, der nach seiner Promotion nun in der neu aufgebauten Datenverarbeitungs-Gruppe des DZNE arbeitet).
- In vielen biologischen Situationen ist die Bewegung von Einzelzellen eine **Suchbewegung** mit Hilfe geeigneter Zufalls- und Orientierungs-Mechanismen. Da der Initiator unserer Theoretischen Biologie, der Pflanzenphysiologe *Klaus Brinkmann* hier im Haus bis zu seinem frühen Tode intensiv die circadiane Rhythmik nicht nur des Pilzes *Neurospora* erforschte (Thema der frühen mit ihm organisierten Blockübungen sowie einer späteren Master Thesis von *Mythreya Krishnan*), sondern auch der einzelligen Alge *Euglena* mit deren immer noch nicht geklärten Mechanismus der Gravikinese, konnte hieraus die Diplomarbeit von **Andrea Kamphuis** über die Modellierung entsprechender Biokonvektionsmuster entstehen sowie ihre Doktorarbeit über deren Schwimmbahnen in (Brinkmann'schen) Flachküvetten. Von Heidelberg hatte ich noch nicht ausgewertete Schwimmdaten über die Chemokinese und Chemotaxis männlicher Gameten der Braunalge *Ectocarpus* mitgebracht (*Annette Geller*, Universität Konstanz). Deren sukzessive Analyse in den regelmäßigen Kursen zur Datenverarbeitung und Simulation führte schließlich zu einer Diplomarbeit über dieses Thema (**Andreas Neudecker**), welches noch Stoff für etliche Dissertationen hergeben würde. Aus der langjährigen Zusammenarbeit mit *Ruth Hemmersbach* vom Zoologischen Institut, dann am DLR in Köln-Porz, und in Kontakten zu weiteren Kollegen aus Bonn, Köln und Bochum konnte ich als Zweitbetreuer etliche Diplomarbeiten zur Bewegung von *Paramecium* und anderen Ciliaten sowie Flagellaten begleiten.
- Bei **Wüstenarthropoden** ist Orientierung mittels Pfadintegration und effizientes Suchverhalten auf dem Heimweg zur Höhle entscheidend für das Überleben, daher hat es sich evolutiv konvergent in verschiedenen Spezies ausgeprägt. Durch einen Physiker und Zoologen von der Universität Würzburg, **Gerhard Hoffmann**, der in seinem kurzen Beitrag die Wüstenassel *Hemilepistus reaumuri* vorstellte und das Problem einer „geeigneten“ Informationsbeschaffung klar machte, erhielten wir die Gelegenheit, in unseren eigenen Räume eine männliche Wüstenassel zu filmen und deren systematische Suche nach der Höhle mathematisch zu charakterisieren (*Bettina Pollklesener*). In Kooperation mit der hier im Hause arbeitenden Ethologin *Anne Rasa* konnte ich dann etliche Analysen für den Wüstenkäfer *Parastizopus armaticeps* als Zweitbetreuer von Diplom- und Doktorarbeiten durchführen lassen, um danach in einer äußerst effektiven Zusammenarbeit mit dem Zoologen *Rüdiger Wehner* an der ETH Zürich ein größeres Dissertationsprojekt mit der Wüstenameise *Cataglyphis fortis* in Tunesien zum erfolgreichen Abschluss zu bringen (*Tobias Merkle*). In diesem Zusammenhang wären auch weitere Arbeiten zur Sensomotorik in Kooperation mit dem Institut für Zoologie zu nennen, woraus eine Diplomarbeit bzw. eine Master Theses über die Bewegungssteuerung bei Insekten bzw. Skorpionen erwuchs (*Matthias Sonntag, Gloria Bahamondéz*).
- Seit einigen Jahren haben wir an der Fakultät ein fachübergreifendes Graduiertenkolleg **Bionik** mit dem Untertitel „Interaktionen an Grenzflächen zur Außenwelt“ eingerichtet, welches zoologische, botanische und technologische Thematiken überspannt und in welches wir ein Doktoranden-Projekt zur Simulation und Konstruktion eines adhäsiven „Zellroboters“ eingebracht haben, der sich analog zum zellulären Mechanismus schneller Keratinozyten autonom bewegt. Der Doktorand **Jörg Bandura** erweitert hierbei die erfolgreichen Simulationen seiner Diplomarbeit. Diese Thematik ist verwandt mit dem Problem der Haftung und Bewegung von Chamäleon-Füßen in Abhängigkeit von Oberflächenstrukturen (**Marlene Spinner**). Die Diplomarbeit eines weiteren Kollegiaten aus der Informatik über ein generelles Schwarmmodell mit Kontakt-Interaktionen habe ich mitbetreut (*David Kriesel*). Auch bei der Modellierung der Mechanik zellulärer Stützstrukturen der Alge *Salvinia* (**Matthias Mayser**) aus der Arbeitsgruppe des Kollegen *Wilhelm Barthlott* am Nees-Institut haben wir erste Ergebnisse eines vereinfachten Simulationsmodelles erzielt. Außerdem läuft in Kooperation mit der Arbeitsgruppe des Sprechers *Gerhard von der Emde* (Institut für Zoologie) ein Projekt zur Analyse der Schwarm-Kommunikation bei elektrischen Fischen (**Kristina Gebhardt**).

In diesem Zusammenhang erwähnte ich auch die regelmäßigen Seminare zu „Simulationsmodellen in der Bionik“ sowie den vor zwei Jahren von meinem Mathematik-Diplomanden *Markus Knappitsch* mit dem damaligen Philosophie-Magisterkandidaten *Gerhard Bukow* initiierten Arbeitskreis „Wissenschaftstheorie der Biologie und Bionik“. Dies geschah in Folge des vor acht Jahren im Rahmen des Studium Universale gemeinsam mit zwei Kollegen, dem Zoomorphologen *Steven Perry* und dem „Weltraum-Botaniker“ *Dieter Volkmann*, ins Leben gerufenen und von Kollegen aus der Philosophie (*Andreas Bartels*, *Holger Lyre*, *Dirk Lanzerath*) mitorganisierten „Interdisziplinären Ringseminars zur Wissenschaftstheorie und Philosophie der Biologie“, das regen Anklang in einem breiten Spektrum von Teilnehmern gefunden hat. Einer der langjährigen Teilnehmer des Ringseminars, der derzeitige Biologie-Studienrat *Marco Bruckmaier*, wird demnächst im Rahmen der glücklicher- und sinnvollerweise (!) wiederaufgenommenen Lehrerausbildung wieder an unserer Fakultät tätig sein.

Neben der anhaltenden Kooperation mit dem Institut (IMBIE) des Kollegen *Max Baur* in der Medizinischen Fakultät (siehe die beiliegende Liste von gemeinsamen Dissertationen und Habilitationen) und mit den Kollegen aus der Informatik vor Ort, etwa am gleichnamigen Institut (*Rolf Klein*), am schon erwähnten B-IT oder am Fraunhofer Institut (*Thomas Christaller*, *Frank Pasemann*, *Stefan Wrobel*, *Michael Griebel*) sowie neben der zeitweise intensiven Zusammenarbeit mit den Biophysikern und -chemikern am Institut für Physikalische Chemie (*Ulrich Kubitschek*, *Rudolf Merkel*) hob ich die langjährigen Kontakte zum Institut für Evolutionsbiologie und zum damit verbundenen Forschungsmuseum Alexander Koenig hervor (*Klaus Peter Sauer*, *Klaus Reinhold*, *Leif Enqvist*, *Michael Schmitt*, *Wolfgang Wägele* und *Bernhard Misof*). Letzterer vertritt die molekulare Phylogenetik in der Zoologie, ähnlich wie *Dietmar Quandt* in der Botanik, und entwickelt hierzu neueste mathematischen Analyse- und Simulationsmethoden, die ein wachsendes Maß an theoretischer Modellbildung erforderlich machen. Das Bachelor-Modul „Modellierung und Simulation biologischer Systeme“ (WP15) werden wir im angelaufenen Wintersemester gemeinsam durchführen.

Da die Fachgruppe Biologie die Professur und Abteilung „Theoretische Biologie“ über das Sommersemester 2012 hinaus nicht fortführen wird, ist aus der kurz dargestellten 25-jährigen Erfahrung heraus dringend zu empfehlen und zu hoffen, dass die für eine weitere Entwicklung der modernen Lebenswissenschaften wichtigen mathematischen Methoden der Statistik, Modellbildung und Simulation in anhaltendem Zusammenwirken zwischen den biologischen Instituten und den hierzu bereiten Instituten aus den Fachgruppen Mathematik und Informatik weiter intensiv gepflegt werden. Hierbei ist auf das vor einigen Jahren unter Federführung des Kollegen *Jürgen Bajorath* aus der Bioinformatik geschaffene Promotionsfach „**Computational Life Sciences**“ in der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät hinzuweisen.

Dieser Appell, der mit einem gleichzeitigen Dank für die bisherige Zusammenarbeit verbunden ist, richtet sich nicht nur an meine Kolleginnen und Kollegen der Fachgruppe Biologie, in welcher die Abteilung „Theoretische Biologie“ über 25 Jahre in guter Resonanz arbeiten konnte, sondern in besonderer Weise auch an die Kollegen aus der Angewandten Mathematik, die in der Nachfolge von *Sergio Albeverio* und meinem Bruder analytische und stochastische Methoden entwickeln, deren Anwendungen sich auf zentrale Bereiche der Molekularbiologie, Genetik, Evolutionstheorie, Physiologie und Zellbiologie erstrecken: *Anton Bovier* und *Juan Velazquez* sowie in der Numerischen Mathematik *Michael Griebel* und *Martin Rumpf*.

Im Namen aller derzeitigen und ehemaligen Mitglieder der Abteilung „Theoretische Biologie“ möchte ich mich für die langjährige Unterstützung unserer Arbeit ganz herzlich bedanken bei den geschäftsführenden Direktoren des uns beherbergenden Instituts für Zelluläre und Molekulare Botanik (IZMB), den Kollegen *Lukas Schreiber* und *Diedrik Menzel*, beim derzeitigen Vorsitzenden der Fachgruppe Biologie, Herrn Kollegen *Thomas Bartolomäus* sowie beim Sprecher des im kommenden Jahr auslaufenden Sonderforschungsbereichs SFB 611, Herrn Kollegen *Michael Griebel*.

(gez. Prof. Wolfgang Alt)

Anhang:

- „Theoretische Biologie in Bonn-Poppelsdorf“ – Tabellarischer Rückblick
- Sonderband No.14 der „European Communications in Mathematical and Theoretical Biology“