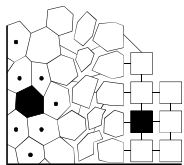


## Was ist Theoretische Biologie?

Der Theoretischen Biologie geht es um die Aufdeckung von allgemeinen Prinzipien in der schillernden biologischen Vielfalt. Theoretische Biologie ist der ursprüngliche und umfassendere Begriff, aber andere Namen wie z.B. Systembiologie und Integrative Biologie, sowie Bioinformatik werden ebenfalls benutzt, insbesondere, wenn spezielle Anwendungsgebiete im Vordergrund stehen. Theoretische Biologie ist naturgemäß interdisziplinär und mit vielen verwandten Gebieten verwoben, wie z.B. Künstliches Leben, Komplexe Adaptive Systeme, Mathematische Modellierung, Kybernetik, Informatik, und so weiter.

## Unsere Arbeitsgruppe



ist interdisziplinär und besteht in ihrem Kern derzeit aus einem Biologie-Studenten, drei Biologie-Diplomanden, zwei Lehramtskandidaten Mathematik/Biologie, drei Diplom-Biologen und einem Master of Tech. Mathematics als Doktoranden der Theoretischen Biologie, zwei promovierten Mitarbeitern, nämlich einem Physiker und einem Biologen, sowie einem in Angewandter Mathematik habilitierten Professor der Theoretischen Biologie.

Schwerpunktthema unserer Forschung ist die **interaktive Dynamik bei biologischer Bewegung, Wachstum und Evolution**. Natürlich sind wir auch anderen Fragestellungen gegenüber aufgeschlossen. Im Folgenden eine Übersicht über die von uns bearbeiteten Themenbereiche:

## Zelluläre Bewegung

Bewegung ist ein Zeichen des Lebendigen. Das Baby strahlt bei den ersten Schritten, der Jugendliche schwingt sich aufs Fahrrad, Michael Schumacher tritt aufs Gaspedal. In diesen Beispielen sind es die menschlichen Muskeln, die Bewegung ermöglichen.

## Molekulare Motoren

Spätestens seit den Arbeiten von H. E. Huxley Ende der 60er Jahre ist bekannt, daß Muskelkontraktionen durch das Zusammenspiel von Aktin und Myosin bewirkt werden. Myosin ist

ein sogenannter 'molekularer Motor', der chemische Energie in Bewegung umsetzt mit einem Wirkungsgrad, der den von Schumachers Motor um ein Vielfaches übersteigt.

## Aktin

In der Zelle bindet die kraft-erzeugende Komponente Myosin an Aktinbündel (wie Schienen einer Zahnradbahn). Aktin findet man in fast allen Zelltypen; es kann eine Vielzahl verschiedener Aufgaben erfüllen: im wesentlichen erhöht es die Plastizität von Zellen und Zellverbänden und ermöglicht Bewegung. Die fadenförmigen Aktinmoleküle können zu komplexen Netzen zusammengefügt sein und mit verschiedenen Proteinen interagieren. So bildet sich unterhalb der Membran vieler Zellen eine Anreicherung aus Aktin-Filamenten, das der Zelle Gestalt und Dynamik verleiht. Welche Mechanismen dabei eine Rolle spielen könnten, wird derzeit anhand verschiedener theoretischer Modelle untersucht.

## Zellform-Dynamik und Zell-Migration

Eine Vielzahl von Einzellern sind zur Fortbewegung fähig. Aber auch in vielzelligen Organismen (so wie Ihrem Körper) gibt es etliche Zellen, die sich bewegen können, z.B. weiße Blutkörperchen (Leukozyten), bestimmte



Hautzellen (Keratinocyten) oder metastasierende Tumorzellen. Kriechende Keratinocyten verändern ihre Gestalt, um Wunden zu schließen: sie strecken flache oder längliche 'Füßchen' (Lamellipodien bzw. Filopodien) aus, mit deren Hilfe sie sich vorwärts ziehen. Dynamik und Steuerung dieser Bewegung werden bei uns untersucht und modelliert.

## Zelladhäsion und -migration

Tierische Zellen besitzen sogenannte Adhäsionsstellen (Bindungspunkte). Zellen können sich jedoch nur dann

fortbewegen, wenn sich die Bindungen an den Untergrund auch wieder lösen lassen. Wir untersuchen die Bewegung von Keratinocyten und bestimmten Tumorzellen: Welche Reize veranlassen die einzelnen Keratinocyten, ihren Zellverband zu verlassen und in das Wundgebiet zu wandern? Weshalb lösen sich manche Tumorzellen aus dem Tumorgewebe, wie bewegen sie sich und entlang welcher Wege?

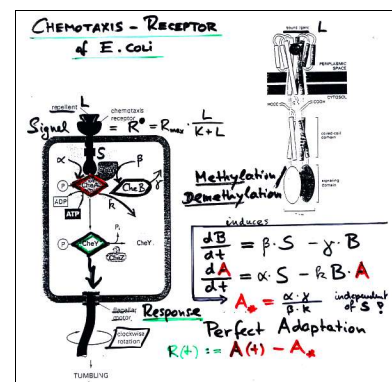
## Bewegung in Zellverbänden

Oft bewegen sich Zellen, auch Einzeller, nicht allein sondern in mehr oder minder engem Kontakt zu Nachbarn. Dadurch ergeben sich kooperative Bewegungsphänomene, deren Untersuchung ein Ziel der Arbeitsgruppe ist. Ein Beispiel sind Bewegungsmuster der Myxobakterien, die etwa in Spiralen und in wellenähnlichen Mustern (Rippling) über den Untergrund gleiten. Auch in Zellverbänden, in denen die Zellen aneinander gebunden sind (Haut), ist noch Bewegung möglich, wie z.B. zum Schließen einer nahen Wunde.

## Schwärme und Suchverhalten

### Chemotaxis

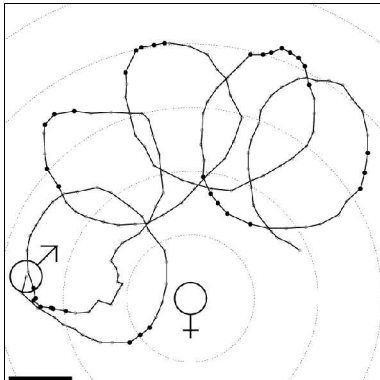
ist die gerichtete Bewegung von Organismen als Antwort auf einen chemischen Reiz (z.B. Lockstoff, Giftstoff). Gut untersucht ist sie etwa für



das begeißelte Bakterium *E. coli*. Wir untersuchen mathematische Modelle von chemischen Kinetiken für die Signalübertragung, welche schon auf dem Niveau der Rezeptor-(De-)Methylierung perfekte Adaptation und Orientierung im chemischen Gradienten reproduzieren können.

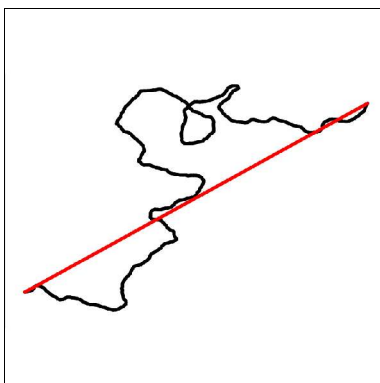
## Suchverhalten von Einzellern und Einzelzellen

Komplexeres Suchverhalten zeigen eukaryotische, begeißelte Einzeller und Einzelzellen, wie männliche Keimzellen der Braunalge *Ectocarpus siliculosus*. Diese reagieren auf den Sexuallockstoff Ectocarpin, der von feststehenden weiblichen Keimzellen abgegeben wird. Beobachtungen, statistische Auswertungen und stochastische Simulationsmodelle weisen auf eine optimierte, stufenweise Suchstrategie hin.



## Wüstenarthropoden

Die Fähigkeit vieler Wüsten-Arthropoden, wie der Ameise *Cataglyphis fortis* oder des Käfers *Parastizopus armaticeps*, nach der Nahrungssuche auf direktem Wege zur Wohnhöhle zurückzufinden, beruht auf einem internen Mechanismus der "Pfadintegration", einer Verrechnung von Laufgeschwindigkeit und Winkeländerung



entlang des Laufpfades. Die Untersuchung verschiedener mathematischer Modelle soll helfen, die Frage nach der Form einer möglichen internen Repräsentation der 'Lage der Wohnhöhle' im Organismus zu klären.

Abteilung Theoretische Biologie  
Universität Bonn, IZMB  
Kirschallee 1, 53115 Bonn.  
theobio@uni-bonn.de  
<http://www.theobio.uni-bonn.de/>  
V.i.S.d.P.: Prof. Dr. Wolfgang Alt  
Stand: 2003-11-29

Wie werden räumliche Position, Laufrichtung und zurückgelegte Distanz gespeichert? Im Modellansatz eines Systems gekoppelter stochastischer Differentialgleichungen sollen diese Fragen geklärt werden.

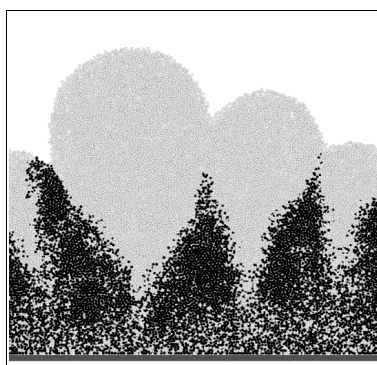
## Vogelschwärme, Vierteilchen-Systeme

Das Zusammenspiel von Individuen in Schwärmen oder Zellen in Geweben basiert meist auf der Orientierung an den „nächsten Nachbarn“. Wir untersuchen dieses Zusammenspiel und testen verschiedene Modelle. Neben der Simulation und Analyse von entsprechenden stochastischen Vierteilchen-Systemen werden auch Kontinuumsmodelle untersucht, welche auf Gleichungen zur Beschreibung von viskoelastischen Flüssigkeiten führen.

## Biologische Oberflächen und Filme

### Surfactant-Lipidschichten auf Alveolen

Surfactants sind seifenähnliche Stoffe, die zum Beispiel in Lungenbläschen (Alveolen) die Oberflächenspannung herabsetzen. Ohne diesen Effekt würden unsere Lungen einfach in sich zusammenfallen. Surfactantmoleküle werden ständig produziert und lösen sich wieder von den Rändern der Lungenbläschen ab. Es besteht also ein ständiger Fluß, der unter anderem dazu dient, Staubpartikel zu entfernen. In Kooperation mit dem Institut für Angewandte Mathematik arbeiten wir an einem hydrodynamischen Modell.



## Biofilme

Biofilme sind Ensembles von Mikroben, die auf einer Oberfläche wachsen und sich in eine selbstgemachte extrazelluläre Matrix einbetten. Die Form des Biofilms wird durch Wachstum und Abbau, Umsatz der extrazellulären Matrix und Abrieb und Abriss ständig verändert.

Da die Oberflächenstrukturen von Mikroben eine spezifische Bindung an die Oberfläche, die Matrix und andere

Zellen ermöglichen (Adhäsion, Aggregation und Koaggregation), können Biofilm-Modelle auch als Vierteilchen-Systeme aufgefaßt werden, zwischen denen anziehende und abstoßende Kräfte wirken, genauso wie in Vogel- und anderen Schwärmen.

## Evolutionsökologie und -dynamik

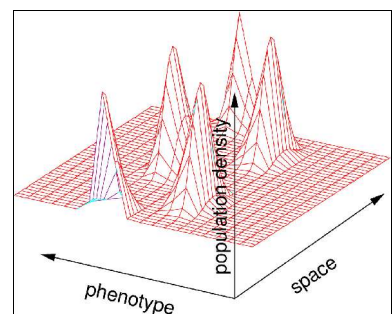
### Kooperation und Konkurrenz bei Mikroben

In Biofilmen findet Selektion nicht nur auf der Ebene von Individuen statt, da einzelne Zellen zu Mikrokolonien heranwachsen. Kooperation gewinnt dadurch stark an Bedeutung. Durch Substrat-Limitierung und Bildung dichter Zellverbände erhält die sparsame Verwertung von Ressourcen den Status altruistischen Verhaltens. Darunter versteht man Verhalten, das den eigenen Fortpflanzungserfolg relativ zu den anderen Mitgliedern der Gruppe senkt, aber den Fortpflanzungserfolg der Gruppe relativ zu anderen Gruppen erhöht.

### Artbildung in räumlicher Ausdehnung

Neue Arten können sowohl geographisch isoliert (*Allopatrie*), als auch im gleichen Lebensraum (*Sympatrie*) oder in sich teilweise überschneidenden Lebensräumen (*Parapatrie*) entstehen.

Rekonstruierte Stammbäume belegen sympatrische Artbildung in vielen Fällen. Mehrere Modellansätze haben die zentralen Mechanismen herausgearbeitet: *disruptive Selektion* als Folge der Konkurrenz um Ressourcen und *reproduktive Isolation* zwischen den entstehenden neuen Schwesterarten.



Der große Bereich zwischen den Extremen sympatrischer und allopatrischer Speziation ist erst jüngst genauer untersucht worden. Zusammen mit dem Institut für Theoretische Physik der Universität Köln untersuchen wir derzeit verschiedene Varianten eines Modells einer sich sexuell reproduzierenden Population in einem ausgedehnten Lebensraum.