

Vorträge der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich Wintersemester 1983/84 (Autorreferate)

31. Oktober

«Zürcher Jugend forscht»

Erläuterungen zu den gezeigten Semesterarbeiten, durchgeführt am Realgymnasium Rämibühl in Zürich

Prof. Dr. Jürg Frey, Realgymnasium Rämibühl, Zürich

Bei der Semesterarbeit handelt es sich um eine langfristige Hausarbeit im Wintersemester des 12. Schuljahres mit völlig freier Wahl von Fach und Thema. Sie ist für alle Schüler obligatorisch und wird in der Regel als Einzelarbeit geleistet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass von der Schule nur ein unterrichtsfreier Sammeltag für die Ausführung der Semesterarbeit pro Woche reserviert wird. Oft steht dieser Tag nicht ausschliesslich für die Semesterarbeit zur Verfügung, weil die Schüler auch das übrige Wochenpensum von minimal 31 Unterrichtsstunden bewältigen müssen, was zu starken Schwankungen der Gesamtbelastung führt. Durch die Einführung des Sammeltages ab Beginn des 11. Schuljahres wird das selbständige Arbeiten systematisch vorbereitet, indem während 3 Semestern jeweils nur 3 (alternierende) Fächer mit langfristigen Hausarbeiten den Sammeltag beanspruchen dürfen. Dennoch ist der Schüler zu Beginn seiner Semesterarbeit noch recht unselbständig, weshalb eine aufmerksame Betreuung durch den begleitenden Fachlehrer unerlässlich ist. Vor allem der stofflichen und thematischen Beschränkung der Arbeit und der Festsetzung eines eindeutigen Abgabetermins muss grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden. Ist ein Schüler an einem Thema wirklich interessiert, bewältigt die übrigen Fächer relativ mühelos und ist er bereit, einen wesentlichen Anteil seiner Freizeit in den Dienst seiner Semesterarbeit zu stellen, so können erstaunliche Resultate herauskommen, wie die vorgeführten Arbeiten belegen. Wir glauben, dass damit die Voraussetzungen für ein erfolgreiches Fachstudium geschaffen werden.

J. Frey

Flugbiophysik der Wanderheuschrecke

Felix Schlumpf, Student ETH Zürich

Eine Reihe von Autoren hat sich schon mit dem Insektenflug beschäftigt. Erstens ist die Frage, wie ein Insekt fliegt, an sich reizvoll, zweitens ist es im Hinblick auf die Erforschung der Evolution von allgemeiner Bedeutung zu wissen, welche Flugmuster entstanden sind, denn gerade der Flugapparat ist einem grossen Selektionsdruck ausgesetzt.

Vor 25 Jahren schien man dank hervorragender Arbeiten von Weis-Fogh und Jensen den Flug der Heuschrecke erfasst zu haben. Neuere Arbeiten auf dem Gebiet des Tierfluges legen aber die Notwendigkeit nahe, die Flugbiophysik der Wanderheuschrecke neu zu untersuchen.

Eine an einer starren Aufhängung befestigte Wanderheuschrecke fliegt in der laminaren Strömung eines Windkanals. Die Flügelschlagbewegungen werden von Kameras und Computerblitzen registriert und durch Auswertung der Dias mit Hilfe eines Projektors quantitativ erfasst. Die Aerodynamik des Heuschreckenfluges wurde mittels der Tragflügeltheorie berechnet. Da ich Argumente gegen die Anwendung dieser Theorie auf den Heuschreckenflug gefunden hatte, stellte ich neue Hypothesen auf.

Energien wurden nach Formeln von Pennycuick (1972) berechnet.

Neue Resultate:

1. Entgegen der Annahme von Jensen (1965) spielen instationäre Effekte auch beim Heuschreckenflug eine Rolle.

2. Die Vorderflügel werden verwunden, so dass sie keine starren Tragflächen darstellen wie Zarnack (1972) annahm.

3. Rasche Anstellwinkelvergrößerung, Blitzsupinationsmechanismus, Schräganströmung und Verwindung sind alles hypothetische instationäre Effekte am Vorderflügel, die zusätzlich Auftrieb erzeugen und eine ausgeglichene Aerodynamik ergeben als bei Jensen (1956).

4. Die Wirbeltheorie von Rayner (1979) kann für die Hinterflügel angewandt werden.

Aus alledem folgt, dass das aerodynamische Problem des aktiven Insektenfluges bis heute ungelöst ist.

Studie über Schopfmakaken im Zoo

Cordula Gubler

Das Sozialverhalten einer Gruppe von Schopfmakaken ist recht komplex. Um eine gültige Aussage über die Rangordnung der einzelnen Tiere zu machen, wurden die Verhaltenselemente zwischen zwei Tieren betrachtet. Sieben typische Elemente wurden in Tabellen näher untersucht. Bei jeder einzelnen Auswertung wäre der Einwand erlaubt gewesen, dass zu wenig Zahlenmaterial vorlag. Erstaunlicherweise kristallisierte sich bei jedem Soziogramm unabhängig von anderen weitgehend die gleiche Rangordnung heraus. Die ersten Plätze scheinen unverrückbar fest zu sein. Unter den Jungtieren gibt es kleinere Verschiebungen, die mit dem Alter und der Kraft der Jungen zusammenhängen.

14. November

Prof. Dr. med. Walter H. Hitzig, Universität Zürich

Blut: Der «ganz besondere Saft» – neue Befunde der Hämatologie

Blut hat die Phantasie seit jeher angeregt: die Wurzeln des Daseins werden darin gesucht, und viele mystische Ideen sind damit verbunden, wie z. B. auch im Faust-Zitat, das im Titel verwendet wird. Je mehr man sich naturwissenschaftlich mit Blut beschäftigt, um so häufiger findet man das «Besondere» bestätigt: Blut kann unglaublich viele Funktionen erfüllen, von denen einige recht gut bekannt, manche aber noch zu entdecken sind; viele vererbte Eigenschaften können heute durch Blutuntersuchungen bis auf die molekulare Stufe und vereinzelt bis zur Lokalisation und zur chemischen Identifizierung der Gene erkannt werden.

Aus der Vielfalt der Erscheinungen und Befunde werden drei Beispiele ausgewählt, die auch zeigen sollen, wie verschiedenartige naturwissenschaftliche Methoden sich ergänzen (Morphologie, Physiologie, Biochemie, Molekularbiologie):

Hämoglobin, der rote Blutfarbstoff, der den Gastransport sichert, erreicht dank Verpackung in Zellen (rote Blutkörperchen) eine sehr hohe Konzentration und sichert dadurch eine hohe Sauerstofftransportkapazität. Blutarmut (Anämie) kann bei Anomalien des Hämoglobins auftreten, wie bei der Sichelzell-Anämie erstmals gezeigt wurde (Pauling und Itano, 1949): eine definierte Anomalie der Aminosäuren-Sequenz (Ingram, 1956) führt zu einer «Molekular-Krankheit» infolge kristallähnlicher Verschachtelung in saurer Umgebung. Diese Erkenntnisse waren eine der Grundlagen zur Aufklärung der räumlichen Struktur des Hämoglobins (Perutz, 1968).

– Im Jahr 1960 wurde am Kinderspital Zürich ein kleines Mädchen mit einer ähnlichen Anämie beobachtet, bei dem aber in den Erythrozyten grosse runde Niederschläge zu beobachten waren. Später zeigte es sich, dass hier ein anderes abnormes, in diesem Fall ein «labiles» Hämoglobin vorlag, das den Namen «Hämoglobin Zürich» erhielt. Der Aminosäureaustausch ist bekannt: in der β -Kette ist das Histidin in Stellung 67 durch Arginin ersetzt. Diese Anomalie wird autosomal-dominant vererbt und bleibt asymptomatisch, solange gewisse Medikamente, die das Hämoglobin Zürich präzipitieren, vermieden werden.

Das zweite Beispiel zeigt die Funktion eines im flüssigen *Blutplasma* gelösten *Proteins* auf: ein kleiner Säugling wies eine «perniciösiforme» Anämie auf. Da die «Perniciosa» des Erwachsenen

auf einem Mangel an Vitamin B12 beruht, wurde dieser Faktor genau untersucht: der Gehalt im Blut war zwar normal, aber das Transportprotein «Transcobalamin II» = TC 2 fehlte; das in genügender Menge vorhandene Vitamin B12 konnte deswegen nicht in die Körperzellen aufgenommen werden. – Vitamin B12 ist eine biologisch äusserst wichtige Substanz, deren physikochemische Struktur von Eschenmoser an der ETH Zürich aufgeklärt worden war. Unsere Nahrung enthält zwar nur sehr geringe Mengen B12, die aber durch spezielle Proteine im Magen-Darmkanal aufgespürt, sicher festgehalten, ins Blut resorbiert und in die Körperzellen transportiert werden. Unser Patient zeigte die lebenswichtige Bedeutung des nur in geringen Spuren vorhandenen TC 2 auf. In der Folge wurden verschiedenste vererbte Varianten entdeckt.

Das dritte Beispiel betrifft die Fähigkeit des Körpers zur Abwehr von Infektionen, wobei wir uns auf die *Phagozyten* konzentrieren: sie können Partikel in ihr Zellinneres aufnehmen oder «auffressen». Obschon dieser Vorgang seit hundert Jahren bekannt ist (Metchnikoff, 1883), konnte der letzte Akt des Dramas, die intrazelluläre Abtötung der Partikel, erst in den letzten Jahren auf Grund des Studiums von Patienten mit angeborenen Störungen dieser Fähigkeit aufgeklärt werden. Diese Kinder erleiden schwere Infektionen, die früh zum Tode führen. Auch diese Störung ist vererbt, und zwar meist durch das X-Chromosom: die Überträgerinnen sind gesunde Frauen, die der Hälfte ihrer Söhne die schwere tödliche Krankheit übertragen. Biochemische Untersuchungen haben gezeigt, dass ein relativ einfacher Mechanismus, die Aktivierung von Sauerstoff, die Grundlage der Bakterienabtötung darstellt: die Erkrankung hat so einen wesentlichen Einblick in einen anderen grundsätzlich wichtigen physiologischen Vorgang erlaubt. Zudem ermöglichte die Aufklärung der Pathogenese eine wirksame Behandlung, mit der die Patienten heute fast infektfrei bleiben können.

28. November

Prof. Dr. Frank A. Klötzli, ETH Zürich

Zur Überlebenschance oligotropher Moore in unserer Kulturlandschaft

In immer stärkerem Masse werden Nährstoffe, namentlich Stickstoff und Phosphat, in unserer Umwelt ausgeschüttet. Bekannte Folgen sind die wachsenden Nährstoffgehalte in den Niederschlägen und die allgemeine Eutrophierung der Seen. In einigen Seen des Mittellandes sind dabei die Eutrophierungsschwellen so stark überschritten worden, dass in nunmehr «hypertrophen» Milieu neue Vegetationstypen und Strukturen entstanden. In diesem Zusammenhang stellt sich dann auch die Frage, ob die Vegetation oligotropher Standorte mit bemerkenswerten Pflanzengesellschaften (siehe unten) und vielen seltenen Arten überhaupt eine Chance hat, in derart eutrophierter Landschaft zu überleben und was zu diesem Zwecke vorzukehren ist.

Schon seit Jahrzehnten werden die Veränderungen an oligotropher Vegetation von den zuständigen Institutionen verfolgt. Dabei hat sich gezeigt, dass im infralitoral Bereich bereits vor gut vierzig Jahren die meisten Characeen-(Armlauchalgen-)Rasen ersetzt wurden durch Laichkraut- oder auch Hornkraut-Fluren. Parallel dazu begannen sich vor etwa zwanzig Jahren auch die eu-litoralen Bereiche zu verändern: Die Erscheinung des Schilfsterbens trat immer stärker auf, ein Phänomen, das auf die Schwächung der Halme bei gleichzeitiger Verstärkung der mechanischen Wirkungen (Algenbehang, Seedetritus) und durch die Veränderung der Uferbank (Kiesabbau, Verbau der Ufer) und nachfolgender Änderung der Wellencharakteristik zurückzuführen war. Anstelle der Röhrichte entstanden Annuellenfluren (mit vielen einjährigen «Unkräutern», auch der Äcker), und im Hinterland der Röhrichte, im supralitoral Bereich, entwickelten sich anstelle von Grosseggenniedern «Pseudoröhrichte» mit Schilf, Glanzgras und Brennessel. Indessen machten sich auch von der Landseite her Düngungseinflüsse bemerkbar, so dass sich im Gefolge von indirekter Düngung aus Futtergrünland und Ackerland unsere Streuwiesen mit vorherrschendem Pfeifengras, unsere «Rieder», in immer stärkerem Ausmass in Hochstaudenfluren umzuwandeln begannen, wobei lichtliebende und seltene Arten zusehends verschwanden. Dieser Vorgang der «Verhochstaudung» ist stellenweise mit der Verbuschung dieser Flächen infolge mangelnder Pflege gekoppelt. Dabei kommt es zu nahezu irreversiblen Nährstoffumschichtungen

im Oberboden: er wird reicher an pflanzenverfügbaren Nährstoffen, und damit breiten sich viele, schon oben zitierte Nährstoffzeiger aus. Auch an den Rändern der Rieder zeigen sich solche Hochstaudensäume, die, wie Bodenanalysen gezeigt haben, als Pufferzonen, d. h. als Nährstoffbarrieren, dienen können.

In den letzten Jahren schliesslich sind sogar Hoch- und Übergangsmoore mit den in unserer Landschaft seltenen «Schwingrasen» immer stärker unter die Wirkung zusätzlicher Nährstofffrachten geraten. Auch in diesem Falle kam es lokal zu innerer Umwandlung, begleitet von Verhochstaudung und Verschilfung.

Um nun mit Sicherheit solche bedrohten Pflanzengesellschaften schützen zu können, wurde es notwendig, sich gesicherte Unterlagen zu verschaffen über die tatsächliche Höhe dieser zusätzlichen Nährstoffzufuhr und über die Geschwindigkeit der Umwandlung von Standort und Vegetation. Dabei stellten sich verschiedene Probleme der Boden- und Torfanalyse, um vergleichbare Werte aus dem basischen und sauren Bereich sowie von mineralischem und torfigem Substrat zu erlangen. In der Regel wurden solche gerade noch oligotrophen Grenzstandorte (Kriterium: Vegetationszusammensetzung und Struktur) mit der Gradientenanalyse auf «permanenten Transsekten» vom eutrophen Kulturland oder dem See zum oligotrophen Kernstück erfasst. Mit speziellen aufwendigen Methoden, der Analyse von Vegetations- und Bodenprofilen auf festen Probenflächen entlang der Transsekten im Verlaufe einer Vegetationsperiode, erhält man Auskunft über den dynamischen Charakter von eindringenden Nährstofffronten. Wird ihr Vorrücken festgestellt, so müssen im Grenzbereich zum Kulturland die nötigen Massnahmen zur Verbesserung der Pufferzonen mechanisch und chemisch eingeleitet werden.

Erste Ergebnisse zeigen, dass eine Sicherung der seltenen, oligotrophen Vegetation möglich ist, und zwar bei genügend wirksamer Pufferzone oder dann mit recht aufwendigen Methoden der Pufferzonenerweiterung.

12. Dezember

Prof. Dr. Ernst Brun, Universität Zürich

Gibt es Ordnung im Chaos?

Mit dem Wort Chaos können vielschichtige Vorstellungen in Verbindung gebracht werden. Chaotisches Verhalten ist kein eindeutig und klar definierter Begriff. Auf atomarem Niveau verstehen wir darunter meistens die ungeordnete, thermische Bewegung der submikroskopischen Individuen eines Vielteilchensystems, etwa der Atome eines Gases, einer Flüssigkeit oder eines festen Körpers. Dieses stochastische Chaos zeigt sich unter anderm in der Brownschen Bewegung von kleinen Staubteilchen in der Luft oder von Fetttröpfchen in Milch, in der Rauschspannung an einem elektrischen Widerstand, in der Art der Lichtemission eines erwärmten Körpers oder in der Wärmeleitfähigkeit der Materie und so fort. In diesem Fall ist das chaotische Verhalten die Folge der grossen Zahl der an den Vorgängen beteiligten Teilchen sowie der Art ihrer Wechselwirkungen, die geordnete Strukturen zu zerstören versuchen und somit für die Dissipation verantwortlich sind.

Werden in Konkurrenz zu den dissipativen Prozessen kooperative Wechselwirkungen von Bedeutung, so kann es zur Selbstordnung innerhalb des Systems kommen. Diese zeigt sich dann durch makroskopisch geordnete räumlich-zeitliche Strukturen, die oft durch wenige, sogenannte Ordnungsparameter beschrieben werden können. Unter bestimmten äusseren Bedingungen sind diese Ordnungsparameter stationär oder zeigen ein periodisches Verhalten. Werden die äusseren Bedingungen langsam verändert, so kann dieses Wohlverhalten in ein scheinbar ungeordnetes Verhalten übergehen. Die Ordnungsparameter zeigen diese Unregelmässigkeiten auf makroskopischem Niveau an.

Die letzten Jahre haben uns zur Erkenntnis geführt, dass dieses aperiodische Makroverhalten für den Beobachter als Chaos erscheinen mag: ein Chaos jedoch, das bestimmten deterministischen Gesetzen gehorcht. Insbesondere zeigte sich, dass der Übergang vom Wohlverhalten zum deterministischen Chaos einigen wenigen universellen Wegen folgt, die mathematisch modelliert

werden können. Es zeigen z. B. so verschieden anmutende Erscheinungen wie die Konvektionszellen einer Flüssigkeits- oder Gasschicht, der nichtlineare Oszillator oder der modulierte Kernresonanz-Laser (Raser) derartige Übergänge. Diese laufen über eine rasch konvergierende Sequenz von Bifurkationen, wo es jeweils zur Frequenzhalbierung und damit zur Produktion von Subharmonischem kommt, entsprechend dem universellen Grossmann-Feigenbaum-Szenarium, wie es die logistische Gleichung $x_{n+1} = 4\lambda x_n(1-x_n)$ zeigt. Das anschliessend chaotische Verhalten zeigt die Eigenschaften eines «seltsamen» Attraktors mit seiner enormen Empfindlichkeit bezüglich der gewählten Anfangsbedingungen. Ferner weisen die periodischen Fenster im Chaos sowie die spontanen Sprünge zwischen verschiedenen Attraktoren darauf hin, dass das deterministische Chaos ganz bestimmten Regeln gehorcht, die mit Computerrechnungen an nichtlinearen Modellen überprüft werden können.

Erstaunlich ist aber die Tatsache, dass auch nichtphysikalische Vielteilchensysteme, z. B. aus der Biologie oder der Soziologie, chaotische Erscheinungen zeigen, die viele Aspekte des deterministischen Chaos offenbaren. Der Grund dafür liegt in den nichtlinearen Effekten, die ihre Dynamik bestimmen. Das Chaos fordert uns auf, in Zukunft diesen interdisziplinären Aspekten vermehrte Achtung zu schenken.

9. Januar

Prof. Dr. Stephan Müller, ETH Zürich

Tiefenstruktur, Dynamik und Entwicklung des Mittelmeer- und Alpenraumes

Die geodynamischen Vorgänge im Mittelmeer-Raum und in den Alpen werden im wesentlichen von der Bewegung der afrikanischen gegen die europäische Lithosphären-Platte bestimmt. Gegenwärtig handelt es sich dabei hauptsächlich um einen von Südosten nach Nordwesten gerichteten Kollisionsvorgang, der zu einer «Verschluckung» und damit zu einer Verkürzung der unteren Lithosphäre führt. Bei diesem Zusammenstoss werden zum Teil leichtere Gesteinsmassen in die Tiefe gedrückt, die durch Auftrieb zu einer fortdauernden Hebung der Alpenkette beitragen. Diesen beiden dominierenden Bewegungen ist eine gewisse Eigendynamik der Alpen sowie eine Rotation des zentralen Mittelmeerraumes im Gegenuhrzeigersinn überlagert.

23. Januar

Prof. Dr. Alexander Borbély, Universität Zürich

Der Schlaf: Selbstregulation und Beeinflussung durch Pharmaka

Schlafbedürfnis und Schlafdauer sind abhängig von der Dauer der vorangehenden Wachzeit sowie von der Phase des Tagesrhythmus. Der Einfluss tagesrhythmischer Faktoren auf die Schlafregulation wird aus Langzeitaufzeichnungen des Ruhe-Aktivitätsrhythmus deutlich. Ein Schlaf-Wachrhythmus von ungefähr 24 Stunden Dauer bleibt indessen auch dann vorhanden, wenn Lebewesen über längere Zeit hinweg ohne jegliche Zeitinformation leben. Diesem circadianen Rhythmus (circa = ungefähr; dies = Tag) liegt offensichtlich eine «innere Uhr» zugrunde, dessen Lokalisation im suprachiasmatischen Kern des Zwischenhirns vermutet wird.

Die von der Wachzeit abhängige Komponente der Schlafregulation lässt sich aus den langsamen Wellen des Schlaf-EEGs erkennen (EEG = Hirnstromkurve). Diese beherrschen nach Schlafbeginn das Bild und nehmen im Laufe des Schlafes ab. Nach Schlafentzug treten sie besonders deutlich in Erscheinung und sind weitgehend mit der Schlaftiefe korreliert. Ein neues Modell der Schlafregulation beruht auf dem Zusammenwirken der circadianen und der Schlaf-Wach-abhängigen Komponente. Das Modell erlaubt die Computersimulation des Schlaf-Wachvorganges unter verschiedenen Bedingungen (z. B. nach Schlafentzug, während der Schichtarbeit usw.).

Viele der heute verwendeten Schlafmittel wirken zwar zuverlässig, sind aber vom Gesichtspunkt der Schlafregulation unbefriedigend: Sie verändern das Schlaf-EEG, wirken häufig auch nach dem Aufstehen weiter und können nach Absetzen zu Schlafstörungen führen. In den letzten Jahren wurden Fortschritte bei der Suche nach körpereigenen Schlafsubstanzen erzielt. Es ist zu hoffen, dass diese Forschungsarbeiten zu natürlichen Schlafmitteln führen werden.

6. Februar

Prof. Dr. Robert Fritzsche, Eidg. Forschungsanstalt, Wädenswil

Einfluss optimaler und fehlerhafter Ernährung der Kulturpflanzen auf die Qualität der Nahrungsmittel

Es wird sehr viel über mangelnde Qualität der heutigen vegetabilen Nahrungsmittel, insbesondere in bezug auf ernährungsphysiologisch wichtige Inhaltsstoffe und ihrer Struktur gesprochen und geschrieben. Die Hauptschuld wird der hohen Intensität der heutigen Landwirtschaft und damit z. B. dem Einsatz von Düngern und den Kulturmassnahmen zugeschrieben.

Im Vortrag wird anhand von Versuchs- und Untersuchungsergebnissen gezeigt, dass auch bei intensiver Produktion die zahlreichen massgebenden Faktoren durchaus derart optimiert und harmonisiert werden können, dass gute Qualität der Produkte gewährleistet wird. Andererseits führt jede Einseitigkeit zu wesentlichen Qualitätsverminderungen.

2. Februar

Prof. Dr. John G. Ramsay, ETH Zürich

Natürliche Verformung von Gesteinen der Erdkruste

Obschon allgemeiner Erfahrung nach Gesteine eine harte, spröde Substanz sind, zeigen Studien von Erdwissenschaftlern, dass Gesteine sich infolge einer langsamen, natürlichen Verformung in der Erdkruste plastisch verformen und fließen können. Gesteine mit unterschiedlichen mineralogischen Zusammensetzungen fließen mit unterschiedlichen Geschwindigkeitsraten, und es ergibt sich infolgedessen während des Fließens eine Vielzahl verschiedener geometrischer Formen. In jenen Teilen der Alpen, wo die Deformation mehrere Kilometer unter der Erdoberfläche stattfand, hat das Fließen von Gesteinen zur Bildung von Falten in Gesteinsschichten geführt. An Orten, wo die Deformation näher an der Oberfläche stattfand, herrschen Brüche und Falten vor, weil die Dehnbarkeit der Gesteine niedriger war.