

Vorträge der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich Wintersemester 1981/82 (Autorreferate)

26. Oktober

Prof. Dr. Krystyna M. Urbanska, ETH Zürich

Lebensstrategien der Pflanzen von semiariden Ökosystemen Nordamerikas

Die Lebensstrategie einer Pflanze wird von drei Faktorengruppen beeinflusst: a) von den abiotischen Standortmerkmalen, b) von der intra- und interspezifischen Konkurrenz und c) von den wechselwirkenden Beziehungen zu Organismen, die anderen Stufen der Ernährungskette des Ökosystems angehören. Von der natürlichen Selektion werden Pflanzen bevorzugt, die nicht nur direkte morphologische und/oder anatomische Anpassungen aufweisen, sondern auch genügend Reserven für erfolgreiche Nachkommensbildung und für Schutzeinrichtungen gegenüber Herbivoren haben. So werden sie überlebens- und fortpflanzungsfähig und tragen damit zum Genpool der Population über weitere Generationen bei.

Die Sonora-, Mojave- und Chihuahua-Wüsten sind durch das Vorkommen von zahlreichen, sehr unterschiedlichen Pflanzentypen charakterisiert, deren Lebensstrategien ebenso vielfältig sind. Allgemein sind drei Gruppen erkennbar, die Toleranz-, Ausweich- oder Fluchtstrategien aufweisen; jede dieser Strategien besteht aus verschiedenen Komponenten, die sich u. a. auf Lebensdauer, phänotypische Merkmale, photosynthetisches Verhalten und Produktion von Abwehr- und Lockstoffen beziehen. Als besonders faszinierend erweisen sich einige Verteidigungsstrategien und Partner-Beziehungen, die eine optimale Fortpflanzung sichern.

Wird eine Strategie als Budget betrachtet, so stellt man fest, dass die Kosten-Nutzen-Verteilung für verschiedene Lebensphasen sehr unterschiedlich verlaufen kann, wobei zu bemerken ist, dass nicht nur Energie, sondern auch andere Ressourcen wie z. B. Stickstoff oder Phosphor limitierende Faktoren sein können. Demzufolge sind bestimmte Pflanzenarten nur innerhalb eines engen ökologischen Spektrums den anderen überlegen und besiedeln meistens nur eine begrenzte Anzahl der vorhandenen Nischen; dadurch kann der Anpassungswert der verschiedenen Pflanzentypen wie auch deren Vielfalt erklärt werden.

9. November

Prof. Dr. Hans-Gert Kahle, ETH Zürich

Moderne geodätische Messtechniken und ihre Anwendungsmöglichkeiten in der Geodynamik

Die Geodäsie ist in den letzten Jahren immer stärker in den Brennpunkt geodynamischer Fragestellungen gerückt. Wenn man früher, der Definition von Helmert folgend, die Geodäsie als *«Wissenschaft von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche»* bezeichnete, so ist heute zusätzlich die Vermessung des Schwerefeldes hinzugekommen, womit die moderne Geodäsie Ingenieur- und Erdwissenschaften interdisziplinär verknüpft. Mit der Aufgabe der Brückenbildung zwischen der Vermessungs- und Kulturtechnik einerseits und den Naturwissenschaften andererseits rastet die Geodäsie in eine weltweite Neuentwicklung der Erdforschung ein, die sich mit aktuellen Umweltproblemen, wie z. B. der Erdbebenvorhersage und der Erfassung von rezenten Erdkrustenbewegungen beschäftigt.

Eingeleitet wurden die Entwicklungen durch neue Modellvorstellungen über die Erdoberfläche, die man mit dem Begriff *«globale Plattentektonik»* überschreibt. Nach diesen Vorstellungen besteht die Erdoberfläche aus 6 grösseren, sich relativ zueinander bewegenden Einheiten, den sogenannten Lithosphärenplatten. Es sind dies die amerikanische, eurasische, indisch-australische, afrikanische, antarktische, und pazifische Platte. Sie reichen von dem mittelozeanischen Rücken bis zu den Subduktionszonen (Tiefseegräben bzw. alpidische Gebirgsgürtel) und können im Gegensatz zur Wegnerschen Theorie der Kontinentaldrift sowohl Kontinente als auch Ozeane enthalten. Ihre Ränder fallen nicht mit den Kontinentalrändern, sondern mit den grossen Erdbeben-gürteln der Erde zusammen. Tiefenmässig umfasst die Lithosphäre die Erdkruste und einen Teil

des oberen Erdmantels. Als ihre untere Begrenzung pflegt man den Beginn einer Zone mit erniedrigten seismischen Scherwellengeschwindigkeiten anzusehen, die als Asthenosphäre bezeichnet wird. Unter Kontinenten kann die Lithosphäre zwischen 100 und 150 km mächtig werden. Konvektionsströme, die mit der Bewegung der Lithosphärenplatten von den mittelozeanischen Rücken zu den Subduktionszonen einhergehen, setzen einen grossräumigen Antriebsmechanismus voraus, dessen Studium eines der Hauptthemen von internationalen geodynamischen Projekten ist, an denen sich auch die ETH aktiv beteiligt.

Nach wie vor sind die Bewegungsparameter der gegenwärtigen Ausbreitungsgeschwindigkeiten, des Aufstiegs neuen Krustenmaterials unter den mittelozeanischen Rücken, des Abtauchens in den Subduktionszonen und der durch die Plattenkollision bedingten Heraushebung in den alpidischen Gebirgsgürteln nicht eindeutig bekannt. Grössenordnungsmässig kann man jedoch mit Bewegungsraten bis zu einigen cm/Jahr rechnen. Die Bedeutung moderner geodätischer Messtechniken besteht darin, diese Bewegungsparameter zeitlich und geographisch zu erfassen, um einen Beitrag zur Erdbebenvorhersage-Forschung zu leisten.

Im vorliegenden Vortrag werden aktuelle Projekte des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie in den Schweizer Alpen aus den Bereichen Geodynamik, Astronomische Geodäsie und Satellitengeodäsie vorgestellt und im Zusammenhang mit interdisziplinären Fragestellungen der Geodäsie und Geophysik diskutiert.

23. November

Prof. Dr. Kurt Dressler, ETH Zürich

Moleküle im Weltraum – Molekularspektroskopie

Mit spektroskopischen Methoden lässt sich die Existenz verschiedener einfacher Moleküle in Stern- und Planetenatmosphären, Kometen und interstellaren Gasnebeln nachweisen. Die Beobachtungen geben Aufschluss über die chemische Zusammensetzung und den physikalischen Zustand dieser Objekte. So dient zum Beispiel das Spektrum des interstellaren CN-Radikals als Sonde für die Strahlungstemperatur, das Spektrum des H₂-Moleküls als Thermometer für die Gas-temperatur des interstellaren Mediums.

Einige interstellare Moleküle lassen sich an Hand ihrer Absorptionslinien, die sie in den Spektren entfernterer Sterne erzeugen, analysieren. Seit langem war aus solchen Beobachtungen bekannt, dass sich die innere Temperatur interstellarer CN- und CH-Radikale etwa drei Grad über dem absoluten Nullpunkt einstellt, aber erst die Entdeckung der universellen Hohlräumstrahlung hat zu einer Erklärung dieser Messresultate geführt. Mit dem Ultravioletteleskop (80-cm-Spiegel) an Bord des Copernicus-Satelliten (1972–1980, NASA/Princeton University) wurde schliesslich das häufigste aller interstellaren Moleküle, H₂, für solche Messungen zugänglich. Sie zeigen unter anderem, dass sich die innere Temperatur des H₂ nicht auf die Strahlungstemperatur von 3 Kelvin, sondern auf die kinetische Gastemperatur, welche in typischen interstellaren Wolken im Bereich von 70 bis 100 Grad Kelvin liegt, einstellt.

Einige Dutzend einfacher Moleküle, die sich aus Elementen der Reihe H, C, N, O, Si und S zusammensetzen, sind in neuerer Zeit auf Grund ihrer charakteristischen Frequenzen im Mikro- und Radiowellenbereich identifiziert worden. Es handelt sich hier meist um Emissionen aus Regionen, welche wegen ihren höheren interstellaren Materiedichten in engem Zusammenhang mit der fortgesetzten Entstehung neuer Sterne stehen dürften.

7. Dezember

Prof. Dr. med. Gerhard Zbinden, ETH und Universität Zürich

Promotoren, chemische Schrittmacher bei der Krebsentstehung

Promotoren sind chemische Substanzen, die zwar keinen Krebs erzeugen, die jedoch in der Lage sind, das Wachstum krebsig umgewandelter («initiiertes») Zellen zu fördern. Die mannigfachen biologischen Eigenschaften dieser Stoffe wurden vor allem am Modell der Mäusehaut untersucht. Zum Schluss wird auf die mögliche Bedeutung der Promotoren bei der menschlichen Kanzerogenese eingegangen.

11. Januar

Dr. Karl A. Hünemann, Universität Zürich

Tropische Säugetiere als Zeitmarken im Tertiär des Zürcher Raumes

Die ältesten Fundstellen fossiler Säugetiere sind Füllungen von Karstspalten im Jura der Lägern bei Dielsdorf. Die damalige Tierwelt, die in einem tropischen Klima lebte, ist von der heutigen völlig verschieden. Paläotherien – entfernte Verwandte der Pferde, von «Katzen- bis Nashorngrösse» lebten zusammen mit winzigen Vorfahren der Flusspferde sowie anderen, grossen Paarhufern (Anoplotherium). Ausserdem waren kleine Halbaffen häufig, und die ersten Nagetiere der Erdgeschichte traten auf. Die Fauna spricht für obereozänes Alter.

Der nächst jüngere Zeitabschnitt, der durch Säugetiere belegt ist, ist die Obere Meeresmolasse. Diese hat in den Quarzsandgruben von Benken und Wildensbuch eine artenreiche Fauna geliefert. Neben Seekühen und Delphinen kommen vor allem die Reste von Landsäuern vor, die in einem mediterranen Klima gelebt haben. Die meisten Reste stammen von Nashörnern und kleinen hirschartigen Paarhufern. Ausserdem waren die elefantenverwandten Mastodonten häufig. Kleinsäuger, wie Nagetiere und Insektenfresser, sind, wohl infolge des quarzreichen Sandes, seltener erhalten geblieben.

Die jüngsten Säugerfundpunkte sind die Braunkohlenlager von Elgg bei Winterthur und Käpfnach bei Horgen sowie zahlreiche Mergellinsen im Untergrund des Zürcher Raumes. Auch hier sind die grössten Vertreter der Faunen die Mastodonten und Nashörner. Sie lebten zusammen mit Zwerghirscharten, dem Hirschferkel, kleinen Wildschweinen sowie zahlreichen Pfeifhasen, Nagetieren und Insektenfressern. Raubtiere waren selten. Alle diese Faunen werden in die Obere Süsswassermolasse eingestuft. Die Zusammensetzung der Tierwelt lässt auf ein warmes Klima schliessen.

25. Januar

Prof. Dr. Max Anliker, ETH und Universität Zürich

Biomedizinische Technik an den Zürcher Hochschulen

Die interdisziplinäre Erarbeitung nicht invasiver Messverfahren für sensitive Indikatoren schwerwiegender Krankheiten gehört zu den Forschungszielen des Institutes für biomedizinische Forschung der ETH und der Universität Zürich.

Für gewisse Krankheiten ist eine treffsichere Frühdiagnose oft eine wesentliche Bedingung für eine erfolgreiche Behandlung. In vielen Fällen ist es jedoch sehr schwierig, die Krankheit in einem ganz frühen Stadium zu erfassen. Dem ist insbesondere so, wenn die betroffenen Organe eine grosse funktionelle Reserve besitzen, wie z. B. das Herz-Kreislauf-System, die Knochen, das Nervensystem usw. Bei derartigen Organen entwickeln sich Symptome erst, nachdem die Krankheit die funktionellen Reserven zerstört hat. Zudem sind im Anfangsstadium die Symptome noch sehr vage und vieldeutig. Mit anderen Worten, die gleichen Symptome können auch durch Krankheiten leichter Natur verursacht werden. Lässt sich in solchen Fällen die Möglichkeit einer schwerwiegenden Krankheit nur mit Hilfe von risikobehafteten Untersuchungsverfahren, wie z. B. die zerebrale Angiographie, abklären, so wird man in Anbetracht der höheren Wahrscheinlichkeit einer leichteren Erkrankung auf eine derartige Abklärung im Interesse des Patienten verzichten müssen. Um bei schwachen Symptomen eine schwerwiegende Krankheit zuverlässig ausschliessen oder erkennen zu können, benötigt man deshalb sensitive Messverfahren, die den Patienten nicht belasten und somit wiederholt angewendet werden dürfen. Mit Messverfahren dieser Art lassen sich auch die graduelle Entwicklung der Krankheit und die Reaktion des Patienten auf die gewählte Therapie dokumentieren.

Dank der Mikroelektronik und kostengünstiger Computer mit grossem Leistungsvermögen ist es möglich geworden, die Entwicklung von nichtinvasiven Messverfahren einzuleiten. Typische Beispiele dafür sind neue diagnostische Verfahren für die Osteoporose und andere Knochenkrankheiten, kardiovaskuläre Leiden und gewisse neurologische Krankheiten. Die dabei verwendeten Messmethoden basieren auf quantitativer Computertomographie (QCT), computerassistierter Analyse von Ultraschallechosignalen und auf digitaler Analyse von videomikroskopischen Bildern und Elektropotentialregistrierungen auf der Körperoberfläche.

Das Fehlen von geeignet sensitiven Methoden für die Dokumentation der graduellen Entwicklung der Osteoporose und für die Evaluation der Wirkung von verschiedenen therapeutischen Gegenmassnahmen war bislang das Haupthindernis für die Erarbeitung effizienter Massnahmen zur Verhütung exzessiver Verluste an Knochensubstanz. Die Entwicklung eines speziellen QCT-Systems, das eine hohe Präzision aufweist und eine sehr niedrige Strahlendosis erfordert, ermöglichte es uns, Veränderungen in der Spongiosadichte zu quantifizieren, die sich als Folge von Krankheiten, Kalziumstoffwechselstörungen oder Therapie im Laufe von Wochen ergeben könnten. Erste Resultate von Untersuchungen an perimenopausalen Frauen bestätigen, dass unser Messverfahren die Identifikation derjenigen Frauen erlaubt, welche ihre Knochensubstanz schneller verlieren, als man erwarten würde in Zusammenhang mit dem natürlichen Alterungsprozess.

Eine relativ grosse Zahl von Patienten dürfte in der Zukunft von der Einführung quantitativer Ultraschallverfahren für die Evaluation der Herzfunktionen profitieren. Computerassistierte Echographie und Dopplermessungen erlauben zunehmend, gewisse invasive Untersuchungsverfahren zu umgehen und damit auch die Erkennung von kardiovaskulären Krankheiten im Frühstadium. Von besonderer Bedeutung dürfte die mögliche Verhütung von Hirnschlägen infolge stenosierender Prozesse in den extrakraniellen zerebralen Arterien durch periodische Überprüfung der Hämodynamik in diesen Gefässen und die rechtzeitige Zuweisung der Patienten zur Therapie sein.

Gewisse Phänomene im Ablauf der lebenserhaltenden Prozesse im Gewebe und deren Beeinflussung durch Agenzien lassen sich durch videomikroskopische Messmethoden und Anwendung von mikrotechnischen Sensoren quantitativ erfassen. Der systematische Einsatz dieser neuartigen Methodik wird interessante Perspektiven der Mikrozirkulation und der Evaluation von Pharmakoeffekten unter Vermeidung von Tierexperimenten eröffnen. Potentielle Auswirkungen der Methodik sind die Erschliessung neuer Wege der Humanphysiologie und der Entwicklung neuer Pharmaka.

8. Februar

Prof. Dr. Ladislaus Rybach, ETH Zürich

Geothermische Energienutzung in der Schweiz – Möglichkeiten und Grenzen

Im Inneren der Erde sind immense Wärmemengen gespeichert. Eine Nutzung der geothermischen Energie ist überall dort möglich, wo ein Arbeitsmedium (Dampf, Wasser) vorhanden ist, um die Erdwärme tieferen Schichten zu entziehen und zur Erdoberfläche zu befördern. Man unterscheidet vier Haupttypen von geothermalen Lagerstätten: 1) natürliche Dampfvorkommen (in der Schweiz nicht zu erwarten), 2) Thermalquellen-Systeme, 3) Aquifere (Tiefengrundwässer) und 4) «Hot dry rock» (künstliches Zirkulationssystem, noch im Experimentierstadium u. a. in den USA, in England, Frankreich und Japan).

In der Schweiz sind zahlreiche Thermalquellen-Systeme bekannt, ferner ausgedehnte Aquifere, insbesondere im Mittelland und Jura. Die geothermische Karte der Schweiz zeigt einige Stellen mit erhöhten geothermischen Gradienten, so z.B. in der Region Basel, im Gebiet zwischen Koblenz und Lenzburg sowie im St. Galler Rheintal.

Die erwähnten, für die Schweiz in Frage kommenden geothermischen Energieträger können durch Tiefbohrungen erschlossen werden, wobei die Förderung der warmen Tiefenwässer mittels elektrisch betriebenen Pumpen erfolgt. Die geothermische Wärme kann insbesondere für Raumheizung und Warmwasserbereitung eingesetzt werden in Wohngebieten, welche sich zur Fernwärmeversorgung eignen. In der Umgebung von Paris werden heute bereits über 40 000 Wohnungen aus geothermischen Quellen beheizt, unter Einsatz von Wärmepumpen. Dabei wird das abgekühlte Wasser durch Reinjektionsbohrungen wieder in den Untergrund geleitet; durch das geschlossene System können die Umwelt-Effekte der z.T. stark mineralisierten Tiefenwässer eliminiert werden.

Bohrtiefe, Temperatur, Fördermenge sowie die Abnehmerstruktur sind die wesentlichsten Parameter, welche die Wirtschaftlichkeit geothermischer Energienutzung bestimmen. Die Nutzung der einheimischen Geothermie in der Schweiz im grösseren Massstab ist technisch realisierbar,

mit bekannter, im Ausland erfolgreich erprobter Technologie. Unter bestimmten Voraussetzungen ist die Geothermie bereits heute wirtschaftlich; dies ist grösstenteils eine Frage der zukünftigen Preisentwicklung auf dem Heizölsektor. Angesichts der hohen Investitionskosten ist ein koordiniertes Vorgehen von Gemeinden, Kantonen, Bund und dem privaten Sektor unerlässlich.

Kurzfristig kann die Geothermie durch Nutzung von Thermalwasser-Systemen und Aquiferen nur einen Bruchteil des schweizerischen Energieverbrauches decken. Längerfristig eröffnet jedoch das Potential der trockenen Erdwärme («Hot dry rock») interessante Perspektiven; hierzu sind noch umfangreiche und intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig.

22. Februar

Kurt Scherrer, Leuk

Die Satelliten-Bodenstation Leuk

Die Planung der Schweiz. Satelliten-Bodenstation Leuk begann Anfang 1970 durch die Generaldirektion der PTT-Betriebe. 2½ Jahre nach Baubeginn nahm die Station am 9. Jan. 1974 den Betrieb auf durch die gleichzeitige Übertragung von 82 Telefoniekreisen nach den USA, 12 nach Israel, 9 nach Kanada und 4 nach Brasilien, via einen über dem Atlantik stehenden (geostationären) Satelliten des Typs Intelsat IV.

Künstliche Erdtrabanten haben eine Umlaufzeit abhängig von der Flughöhe

$$(T = 2\sqrt{\frac{d^3}{G \cdot E}}$$

mit d = Distanz Satellit bis Erdzentrum, G = Gravitationskonstante und E = Erdmasse). In 140 km Höhe ist sie rund 90 Minuten (Sputnik), 385 000 km hoch braucht es 1 Monat (Mond) und rund 37 000 km hoch ist die Flugbahn für einen Umlauf pro 24 Stunden. Rotiert der Satellit 37 000 km hoch in einer Äquatorebene von West nach Ost, rotiert er um die Erdachse gleich schnell und in gleicher Richtung wie die Erde, steht also von uns aus gesehen still: er ist geostationär. Leuk arbeitet mit solchen Satelliten.

Telekommunikationssatelliten empfangen von einer oder mehreren Bodenstationen z. B. Telefonesignale und senden sie weiter zu andern Bodenstationen. Die Sendeenergie des Satelliten ist begrenzt, weil die Betriebsenergie durch Solarzellen aufgebracht wird. Andererseits steigen die Abschusskosten (Trägerrakete) mit der vierten Potenz des Satellitengewichtes. Die auf der Erde eintreffende Signalleistung ist extrem klein, und es braucht grosse Antennen, um davon möglichst viel aufzufangen.

Die Leistung am Empfängereingang muss wesentlich grösser sein als das Eigenrauschen der Empfänger, die zur Rauschreduktion früher auf minus 256°C (17°K) mit Helium, jetzt auf -40°C mit Pelletierelementen gekühlt sind.

Die schwachen Empfangssignale können leicht durch industrielle Störungen verschlechtert werden. Die Station ist in Leuk, weil die Berge der Umgebung sie vor Einflüssen terrestrischer Herkunft abschirmen und dennoch Zugang erlauben zu allen Telekommunikationssatelliten im Bereiche der Schweiz. Leuk könnte bis 7 Antennen ohne gegenseitige Beeinflussung aufnehmen. Als Sendeantennen arbeiten sie wie grosse Scheinwerfer und bündeln die Strahlung (0.12° Öffnungswinkel) auf jeweils einen einzigen Satelliten. Man braucht eine Antenne pro Satellit.

Heute betreibt Leuk mit 20 Leuten Personal und 2 Antennen 566 Telefoniekreise nach 22 Überseeationen und überträgt damit mehr als 50% aller interkontinentalen Verbindungen der Schweiz. Die Satellitengruppe der GD PTT plant z. Z. die dritte Antenne (indischer Ozean), pflegt die internationalen Kontakte auf administrativ-betrieblich-technischer Ebene und steuert den Stationsbetrieb. Der Planungsbeginn der vierten Antenne (für Europasystem) steht zu erwarten.

Die Station hat eine hohe Sicherheit gegen Ausfall, erreicht u. a. durch eine teure Stromversorgung (Batterien usw.) und ein originelles Erdsystem, in welchem Böden, Wände, Dach des Betriebsgebäudes und der Kabeltunnels zu den Antennen mit Metallblech ausgekleidet sind und alle elektrisch leitenden Verbindungen nach aussen (Kabel, Wasserleitung) durch einen einzigen Punkt im Gebäude geführt sind.

Gerade wegen der kleinen Ausfallszeiten (manchmal null Sekunden pro 6 Monate) wird die Satellitenkommunikation auch mit zukünftigen Techniken (Glasfaser), Digitalübertragung usw. ihren Platz haben, um so mehr als viele Länder nur via Satellit erreichbar sind.