

einen regelmäßigen Wechsel der Helligkeit von 9% entdeckt. 1988 wurde ein plötzlicher Anstieg der Helligkeit um den Faktor 2 beobachtet. Was mag in dieser kalten 13 AE (1 AE = Abstand Sonne – Erde) Entfernung Chiron passiert sein? (STERN 1994) Hat Chiron eine Koma (Atmosphäre) entwickelt? Wurde er von einem streunenden Objekt getroffen? Ist eine Art Geysir ausgebrochen?

Oft können Astronomen die Beobachtungen nicht erklären. Aber sie können Dinge als unwahrscheinlich ausschließen. Als Ergebnis fiel ein gewisser Verdacht auf Sublimationsvorgänge auf Chiron, die zur Ausbildung einer Koma führen könnten. Sublimation von Wassereis konnte schnell ausgeschlossen werden. Dafür ist er in einer zu kalten Region des Planetensystems. Deshalb bräuchte man etwas Leichtflüchtigeres, wie CO_2 , Methan- oder Stickstoffeis. Zum andern ist klar: Wenn Chiron auch nur einen Bruchteil seines Lebens im Innern des Planetensystems zugebracht hätte, wäre dabei soviel Eis verlorengegangen, daß er heute nicht mehr aktiv sein könnte. Deshalb liegt es sehr nahe, daß Chiron von weiter außen kommen sollte. 1989 hat man dann tatsächlich eine Koma von Eis und Staub mit einer Ausdehnung von 320.000 km ausfindig gemacht.

Aus heutiger Sicht haben wir ein Objekt aus dem postulierten Kuiper-Gürtel (Bereich außerhalb der bekannten Planeten, der neben der noch weit entfernteren Hills- und Oort'schen Wolke als Kometenreservoir dienen soll) vor uns. Das wird dadurch nahegelegt, daß in den Folgejahren regelmäßig im Abstand von 35 bis 45 AE immer wieder 200 bis 400 km große Objekte entdeckt wurden (PAILER 1994b).

Damit bekommt unser Planetensystem eine dritte Komponente: Neben inneren und äußeren Planeten und dem Asteroidengürtel gibt es im Planetensystem Objekte, die man als ausgerissene Mitglieder des postulierten Kuiper-Gürtels versteht. Wir wissen nichts über die Dichte und Weite des Gürtels. Wir wissen nichts über mögliche Lücken im Gürtel oder ob er kontinuierlich ist, was die typische Größe der Objekte ist, woraus sie gemacht sind.

Diese Entdeckungen von Objekten, die dem Kuiper-Gürtel zugeordnet werden, werden mit der Gas/Staub-Scheibe um β -Pictoris in Verbindung gebracht, die man vor Jahren mit dem Satelliten IRAS entdeckt hat.

Möglicherweise ist die Analogie mit dem Asteroidengürtel im Jahre 1807 angebracht, als man gerade Ceres, Juno, Pallas und Vesta entdeckte. Ein ganz neues Kapitel der Entdeckungen im Planetensystem ist eröffnet.

Die Geschichte von Chiron zeigt auch, wie über die letzten zwei Dekaden das Leben der Astrophysiker zunehmend schwieriger wurde. Viele klar umgrenzten Begriffe sind inzwischen verwischt worden. Wir wissen heute, daß Kometen „ausgeschaltet“ werden können, so daß sie dann sehr den Asteroiden ähneln. Gleichzeitig können typische Asteroiden auch aktiv werden und so kometenhaften Charakter zeigen. Kometen können von Planeten eingefangen und von deren Gravitationskräften zerbrochen werden und so zum Aufbau von haarfeinen planetaren Ringen dienen. Die Begriffe sind leider nicht mehr so scharf voneinander abzugrenzen, wie man es sich gerne wünschen würde.

Literatur

- BORGEEST U (1995) Quasar-Absorptionslinien. *Sterne und Weltraum* 6/95, S. 445-451.
 BÜHRKE T (1993) Eis auf dem Merkur. *Sterne und Weltraum*, 2/1993.
 HAHN HM (1995) Nackte Quasare. *Bild der Wissenschaft* 4/1995, S. 88-89.
 HECHT J (1995) Lonely quasars send astronomers back to basics. *New Scientist* Jan 21, 1995, p. 16.
 MOORE P (Hg, 1990) *Lexikon der Astronomie*. Freiburg.
 PAILER N (1994a) *Geheimnisvolles Weltall*. Neuhausen.
 PAILER N (1994b) Eiskörperpopulation jenseits der Planeten? In: *Neues aus der Planetenforschung*, 2. Auflage, Neuhausen 1994.
 STERN A (1994) Chiron. Interloper from the Kuiper Disk? *Astronomy* 08/1994.
 VAAS R (1994) Wassereis auf dem Merkur. *Spektrum der Wissenschaft*, 8/1994

Neues aus der „Dinowelt“

von Siegfried Scherer und Harald Binder

Dinosaurier-Ei mit Embryo

In der oberen Kreide der Wüste Gobi wurde eine reichhaltige Fossilagerstätte entdeckt, welche über 300 Skelette von Säugetieren und Reptilien enthält, dazu zahlreiche Dinosauriereier. Die Eier sind häufig in Form von Nestern angeordnet, eini-

ge davon zeigen Verwitterungserscheinungen. Eines der Eier enthielt das Skelett eines kurz vor dem Schlüpfen stehenden Embryos, im gleichen Nest fand man noch zwei Schädel von ähnlicher Größe, welche wahrscheinlich aus anderen Eiern stammen (NORELL et al 1994). Den Embryo konnte man der Gruppe der Oviraptoriden zuordnen, die Eierschalenstruktur zeigt Ähnlichkeiten zu ratiten Vögeln, einer heutigen Gruppe von bodenlebenden Vögeln, die im Erscheinungsbild dem Strauß gleichen. Ob die Ähnlichkeit der Eierschalenstruktur allerdings ein gewichtiges Indiz für eine phylogenetische Verwandtschaft ist, kann kontrovers dis-

kutiert werden.

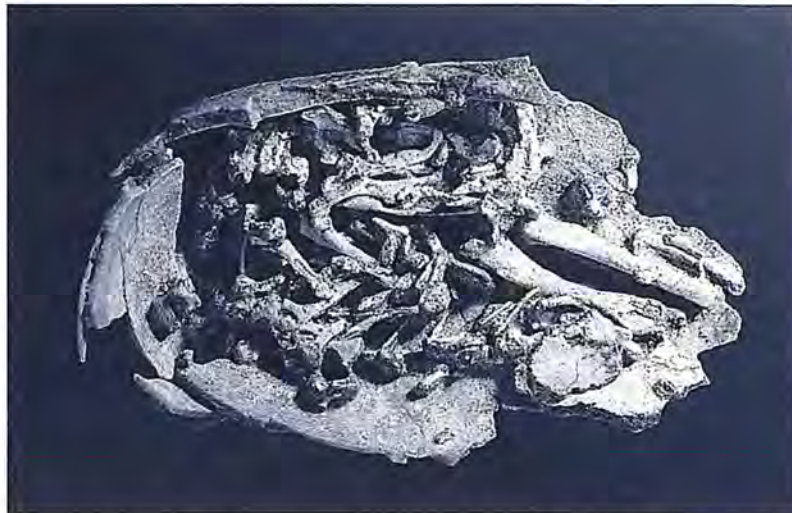
Schon 1923 hat OLSON in der Wüste Gobi ein Nest von Dinosauriereiern entdeckt, welches er aber der pflanzenfressenden Gattung *Proceratops* zuordnete, weil diese Gattung in den entsprechenden Schichten überwiegend gefunden wird. Auf dem von OLSON entdeckten Nest wurden die Überreste eines erwachsenen *Oviraptor* ergraben, welcher dieser Tatsache seinen Namen verdankt: „Oviraptor“ könnte man etwa mit „Eier-Räuber“ übersetzen. Der neue Fund führt NORELL und Mitarbeiter zu einer neuen Interpretation: Der 1923 gefundene *Oviraptor* war wohl nicht beim Eierraub, sondern beim Bewachen oder sogar bei der Bebrütung seiner Eier von dem todbringenden Ereignis überrascht worden, welches zu Bildung der Fossilagerstätte führte. NOVACEK et al. (1995) schreiben: „Manche Fossilien (der Wüste Gobi, d. Verf.) sehen so aus, als stammten sie von frisch verwesten Kadavern... Außerdem schienen die Tierleichen sogleich eingebettet worden zu sein, noch bevor Aasfresser sich darüber hermachten oder die Witterung ihnen zusetzen konnte. ...Die kreidezeitlichen Sandsteinschichten sind so wenig nach Korngrößen sortiert, daß sie bei heftigen Stürmen entstanden sein dürften. ...Manche Tiere (von Fundstellen der inneren Mongolei, d. Verf.) der wurden vielleicht sogar lebendig begraben.“

Die wiederholten Funde von Nestern und möglicherweise von brütenden Eltern von Sauriern lassen überdies an Deutungen der Erdgeschichte zweifeln, welche die Ablagerung aller paläozoischen und mesozoischen geologischen Systeme in den Rahmen eines einzigen Katastrophenjahres stellen. Die Eiablage erfordert vorhergehende Zeit zur Festigung von Sedimenten, zur Stabilisierung von Lebensräumen und zur Entwicklung von Populationen. Dazu kommt die Zeit der Eireifung vom Zeitpunkt der Eiablage bis zum Schlüpfen.

DNA aus fossilen Dinosaurierknochen?

Untersuchungen von 'alter DNA', d.h. genetische Information tragender Moleküle von Organismen, welche schon seit langer Zeit nicht mehr leben, üben auf viele Menschen eine große Faszination aus. Das hängt unter anderem damit zusammen, daß, wenn die bisherigen Ergebnisse bestätigt werden können, erstmals historische Informationen direkt für experimentelle naturwissenschaftliche Untersuchungen zugänglich werden. Sollte solch 'alte DNA' aus Dinosauriern stammen, so ist dem Entdecker öffentliche Aufmerksamkeit sicher.

S.R. WOODWARD und seine Mitarbeiter (1994) haben Knochenfragmente, welche von einer Matrix aus Sandstein umgeben waren, aus einem Kohleflöz



geborgen, das der Blackhawk Formation aus der Mesaverde Gruppe (Obere Kreide) zugeordnet wird. Aus dieser Formation sind bisher mindestens 14 verschiedene Dinosaurierarten beschrieben. Das Flöz hat eine Mächtigkeit von 1,2 bis 8,2 m. Die Fragmente wurden aus einer Tiefe von 610 m, etwa 30 cm unter der Oberfläche der kohleführenden Schicht geborgen. In der Umgebung wurden auch verkohlte Pflanzenteile sowie Dinosaurierspuren gefunden. Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Knochen ergaben keine Hinweise auf eine Mineralisierung (Austausch von organischem Material durch Mineralien). Aus dem Innenbereich der Knochen wurden 15 Proben hergestellt und daraus die DNA extrahiert.

Mit zwei Primern (Primer sind relativ kurze einsträngige DNA-Startermoleküle für die Polymerase-Kettenreaktion, PCR), mit einer Länge von 20 Basenpaaren (20 bp), welche in ihrer Sequenz einem Fragment der mitochondrialen DNA für Cytochrom b des Menschen entsprechen, konnten durch Vervielfältigung mittels PCR 9 Fragmente mit einer Länge von mindestens 134 bp gewonnen werden, die allerdings verschiedene Sequenzen aufwiesen. Die gefundenen Sequenzen unterscheiden sich von allen bisher bekannten Sequenzen für Cytochrom b. Die Fragmente erwiesen sich jedoch als zu kurz für phylogenetische Studien.

Der Artikel von WOODWARD et al. hat eine Diskussion ausgelöst, die u. a. in einigen 'Technical Comments' ihren Niederschlag fanden. Dabei wird in allen Diskussionsbeiträgen aufgrund von phylogenetischen Studien argumentiert, daß die von WOODWARD et al. beschriebenen Sequenzen der DNA-Fragmente, nicht, wie aufgrund von morphologischer Vergleiche und evolutionstheoretischer Überlegungen zu erwarten, die größte Übereinstimmung mit Cytochrom b von Vögeln zeigt. Unter Anwendung verschiedener Rechenverfahren ergab sich jeweils die größte Übereinstimmung mit aus Datenbanken entnommenen Säugetier-Sequenzen. Für HEDGES & SCHWEITZER (1995), ALLARD et al. (1995) und ZISCHLER et al. (1995) ist aufgrund der auffallenden Übereinstimmung mit Sequenzvarianten von menschlichem Cytochrom b eine Kontamination mit humaner DNA naheliegend. HENIKOFF (1995) fand eine maximale Übereinstimmung mit Walarti-

Abb. 1: Oviraptor-Embryo (Aus Science 266 [1994], Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Science)

gen und Huftieren. In seiner Erwiderung stellt WOODWARD (1995) jedoch klar: „Wir sollten nicht die Möglichkeit einer vor langer Zeit entstandenen DNA-Sequenz ausschließen auf der Basis von hypothetischen Verwandtschaftsbeziehungen, deren evolutionäre Geschichte bisher nicht bewiesen ist.“

Trotzdem scheint beim gegenwärtigen Stand der Diskussion eine Kontamination, aus welcher Quelle sie auch immer herrühren möge, die wahrscheinlichste Erklärung für die Befunde von WOODWARD et al. zu sein. Dies gilt so lange, bis die von ihnen publizierten Ergebnisse mit aussagekräftigeren Daten reproduziert worden sind.

Die größten Dinosaurier

Der Paläontologe Rodolfo CORIA arbeitet in einem kleinen Museum in Nord-Patagonien mit Fossilien des vielleicht größten bisher bekannten Dinosauriers: *Argentinosaurus* (APPENZELLER 1994). Ein Wirbel dieses Pflanzenfressers ist rund 150 cm groß, und ein Unterschenkelknochen mißt rund zwei Meter. Die Höhe des Tieres wird auf 7 m geschätzt, seine Länge auf 30 m und sein Gewicht auf 80-100 Tonnen. Der bis dahin größte Dinosaurier war *Seismosaurus* aus New Mexiko, sein Gewicht wird mit 40-80 Tonnen angegeben. Nun sind Gewichtsabschätzungen von ausgestorbenen Lebewesen immer unsicher, und es verwundert nicht, daß die Ehre, den größten bekannten Saurier entdeckt zu haben, nicht unbestritten bleibt. Daneben werfen Tiere dieser Größe aber auch grundsätzliche Fragen auf: Können sie bei dieser Größe überhaupt Warmblüter gewesen sein? Bei der notwendigen Menge von Nahrung könnte die Umwelt nur eine sehr kleine Population tragen. Ob eine sehr kleine Population aber über sehr lange Zeiten hinweg stabil sein kann, ist fraglich, weil kleine Populationen erfahrungsgemäß durch Zufallsergebnisse relativ leicht ausgelöscht werden. Auch physiologische Probleme des Wärmehaushaltes oder der Pumpleistung des Blutkreislaufes sind bei solch großen Tieren ungelöst.

Warmblütiger Tyrannosaurus rex?

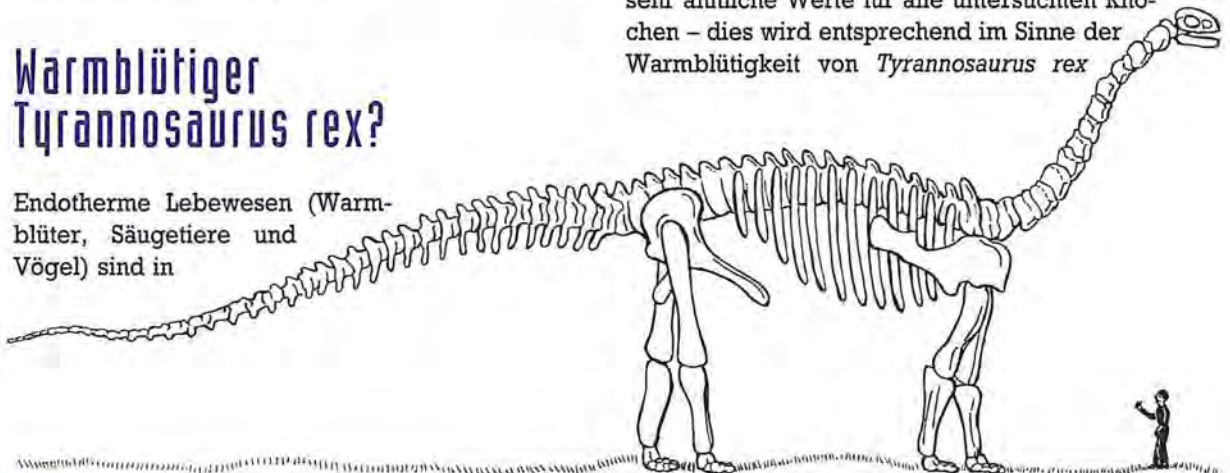
Abb. 2: Rekonstruktion von *Argentinosaurus* (nach APPENZELLER 1994)

Endotherme Lebewesen (Warmblüter, Säugetiere und Vögel) sind in

der Lage, ihre Körpertemperatur durch Veratmung von Kohlenhydraten oder Fetten konstant zu halten. Im Gegensatz dazu stehen ektotherme Lebewesen (Kaltblüter, wie etwa Fische und Reptilien). Ihre Körpertemperatur ist durch die Umgebungstemperatur festgelegt. Das hat zu Folge, daß eine Kreuzotter bei niedrigen Temperaturen nicht sehr gefährlich ist, weil sie sich – wenn überhaupt – nur sehr träge bewegen kann.

Früher hatte man ganz selbstverständlich angenommen, daß Dinosaurier als Reptilien Kaltblüter sind, doch sind daran Zweifel geäußert worden. Ein Argument stützt sich auf die Tatsache, daß selbst Eier von den größten Dinosauriern nicht länger als 25 cm sind. Dies ist vermutlich die Obergrenze, weil sonst die Schale aus Stabilitätsgründen so dick sein muß, daß das Baby sich nicht aus dem Ei befreien kann. Ein derart kleines Ei verlangt aber nach einer außerordentlich hohen Wachstumsrate des Babys, wenn in einer angemessenen Zeit die Größe des erwachsenen Tieres erreicht werden soll. Dies impliziert einen hochaktiven Metabolismus, was durch Warmblütigkeit gewährleistet ist (CARPENTER et al. 1994). Warmblütigkeit oder Kaltblütigkeit lassen sich auch aus den mikroskopisch sichtbaren Wachstumsstrukturen („Jahresringe“) von Knochen ableiten, doch ergab die entsprechende Untersuchung von Saurierknochen keine eindeutige Antwort (CHINSAMY & DODSON 1995).

Die Debatte flammte erneut auf, als BARRICK & SHOWERS (1994) behaupteten, durch Messungen der Sauerstoffisotopenzusammensetzung von unterschiedlichen *Tyrannosaurus*-Knochen eindeutig die Warmblütigkeit dieses Großraubtieres belegen zu können. Die Sauerstoffisotopenzusammensetzung ist unter anderem von der Körpertemperatur abhängig. Bei einem Warmblüter ist die Temperatur aller Knochen mehr oder weniger identisch; deshalb ist auch die Sauerstoffisotopenzusammensetzung nicht von der Lage der Knochen abhängig – Fingerknochen des Menschen haben die gleichen Werte wie etwa Rippen. Dagegen hat ein Kaltblüter je nach Lage unterschiedliche Knochentemperaturen und damit auch unterschiedliche Isotopenwerte. Die Messungen von BARRICK & SHOWERS (1994) lieferten sehr ähnliche Werte für alle untersuchten Knochen – dies wird entsprechend im Sinne der Warmblütigkeit von *Tyrannosaurus rex*



gedeutet. Die folgende „heiße“ Diskussion zeigte allerdings, daß nicht alle Biologen von diesen Schlußfolgerungen überzeugt sind (z.B. MILLARD 1995). Die Behauptung des Lexikon der Biologie (1994, Bd. 4, S. 263), daß die Warmblütigkeit auch der größeren Dinosaurier als gesichert gelten kann, muß man daher relativieren.

Literatur

- ALDHOUS P (1995) 'Jurassic DNA' looks distinctly human. *New Scientist* (11. Febr.), 5.
- ALLARD MW, YOUNG D & HUYEN Y (1995) Detecting Dinosaur DNA. *Science* 268, 1192.
- APPENZELLER T (1994) Argentine dinos vie for heavyweight title. *Science* 266, 1805.
- BARRICK RE, SHOWERS WJ (1994) Thermophysiology of *Tyrannosaurus rex*: Evidence from oxygen isotopes. *Science* 265, 222-224.
- CARPENTER K, HIRSCH KF & HORNER JR (1994) Dinosaur eggs and babies. Cambridge University Press, 372 S. (Buchbesprechung von MJ Benton: Paleoparental care, in: Trends in Ecology and Evolution, Jan 1995, p.48)
- CHINSAMY A & DODSON P (1995) Inside a dinosaur bone. *Am. Scientist* 83, 174-180.
- GIBBONS A (1994) Possible dino DNA find is greeted with scepticism. *Science* 266, 1159.
- GILLETTE DG (1994) *Seismosaurus: The Earth shaker*. Columbia University Press, 205 S.
- HEDGES SB & SCHWEITZER MH (1995) Detecting Dinosaur DNA. *Science* 268, 1191-1192.
- HENIKOFF S (1995) Detecting Dinosaur DNA. *Science* 268, 1192.
- MILLARD AR (1995) The body temperature of *Tyrannosaurus rex*. *Science* 267, 1666; vgl dazu BARRICK et al: Response, *Science* 267, 1667.
- NORELL MA et al (1994) A theropod dinosaur embryo and the affinities of the Flaming Cliffs dinosaur eggs. *Science* 266, 779-782.
- NOVACEK MJ, NORELL M, MCKENNA AC & CLARK J (1995) Die Fossilienschätze der Gobi. *Spektrum der Wissenschaft*, Februarheft, S.69.
- WOODWARD SR (1995) Detecting Dinosaur DNA. *Science* 268, 1194.
- WOODWARD SR, WEYAND NJ & BUNNELL M (1994) DNA sequence from Cretaceous period bone fragments. *Science* 266, 1229-1232.
- ZISCHLER H, HÖSS M, HANDT O, VON HAESELER A, V. D. KUYL AC, GOUDSMIT J & PÄÄBO S (1995) Detecting Dinosaur DNA. *Science* 268, 1192-1193.

Natürlicher Gentransfer in *Drosophila*?

Zusammenfassung: In *Drosophila melanogaster* wurden Transposons („springende Gene“) aus einer anderen Art, *D. willistoni* entdeckt. Als Überträger wird eine Milbe in Betracht gezogen. Von einigen Wissenschaftlern wird den Transposons eine wichtige Rolle in der Evolution zugewiesen. Es zeigt sich aber, daß dadurch eine Neuentstehung von genetischer Information nicht plausibler wird.

Das Problem. Warum ließen sich Fruchtfliegen aus Laborstämmen nicht mit solchen aus der freien Wildbahn kreuzen? Auf diese Frage stießen Molekulargenetiker um etwa 1950, als sie diese Versuche mit der gewöhnlichen Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* anstellten. Kreuzte man die Fliegen in einer bestimmten Weise, so waren die Nachkommen häufig steril oder hatten andere Anomalien. Es stellte sich schließlich heraus, daß die Wildstämme in ihrem Genom zusätzlich ein Stück DNA hatten, das die Laborstämme nicht besaßen. Es handelte sich hier um ein sogenanntes transponierbares Element der P-Gruppe.

Transposons. Transponierbare Elemente, kurz Transposons, sind kurze DNA-Stücke, die sich selbsttätig von einer Stelle des Genoms an eine andere bewegen können. Die als P-Element bezeichneten Transposons kommen u.a. bei *Droso-*

phila vor. Teilweise können sich die Transposons vervielfachen und benehmen sich im Genom manchmal wie zerstörerische Parasiten. Einige Wissenschaftler vermuten, daß die Transposons verkümmerte Viren sind, die die Zelle jedoch nicht mehr verlassen und nur über die Zellteilung weitergegeben werden können.

Wie Stephan D. DANIELS von der Universität von Connecticut in Storrs schließlich zeigen konnte, sind die P-Elemente in *Drosophila melanogaster* praktisch identisch mit denen einer anderen Art, *Drosophila willistoni*. Wie aber wechselte das P-Element von *D. willistoni* auf *D. melanogaster* über? Die genetische Epidemie konnte sich erst innerhalb der letzten 50 Jahre abgespielt haben, denn isoliert gehaltene Laborstämme von *D. melanogaster* waren frei von dem P-Element, es war ja Ursache für die beobachtete Inkompatibilität bei den Kreuzungsversuchen.

Des Rätsels Lösung. Margaret KIDWELL arbeitete auf dem Gebiet der P-Elemente bei *Drosophila* und sie war sich mit ihrer Arbeitsgruppe einig darüber, daß *D. willistoni* der Spender des P-Elements war, welches jetzt auch in *D. melanogaster* vorkommt. Die Verbreitungsgebiete beider Arten überlappen sich, somit ist ein Gentransfer zumindest theoretisch möglich. Unklar war aber der Über-