

Entwicklungsgeschichte der Insekten

von Kurt Rumbucher

Zusammenfassung:

Der Verfasser versucht, anhand der erdgeschichtlichen Entstehung des Lebens auf der Erde die Rolle der Insekten herauszuarbeiten. So waren sie maßgeblich an der Entstehung der höheren Pflanzen beteiligt, und ermöglichten als Nahrungsgrundlage die Evolution vieler Tiergruppen. Nicht das einzelne Insekt ist für das Funktionieren eines Ökosystems wichtig, sondern das zahlenmäßig ausgewogene sich gegenseitige Bedingen der beteiligten Glieder.

Abstract:

The author tries to explain the role insects played in the developing life on earth. They strongly influenced the evolution of higher plants and made the development of several groups of animals possible by acting as food-source. So they even have an unneglectable meaning to the evolution of man. Not a single insect alone gives an ecosystem its balance, important is the dependence of all members from eachother.

Ursprünglich sollten an dieser Stelle einige sehr gut erhaltene Fossilien verschiedener Insektengruppen vorgestellt werden, die ich im Laufe der letzten zwei Jahre durch einen glücklichen Zufall aus dem Gebiet der brasilianischen Santana Formation der unteren Kreide erhalten hatte. Insekten werden wegen ihrer relativen Zartheit nicht allzu oft versteinert gefunden. Trotzdem kamen im Laufe der Zeit eine erkleckliche Anzahl von z. T. sehr gut erhaltenen Exemplaren aus den verschiedensten Erdzeitaltern zusammen, so daß sich wenigstens in groben Zügen die Entwicklungsgeschichte der Insekten erahnen (*nachvollziehen*) läßt.

Die Bearbeitung der Neufunde dauert jedoch länger als ursprünglich vermutet, so daß es angebracht scheint, zuerst den allgemeinen Weg der Entwicklung der Insekten aufzuzeigen und dann erst die Neufunde einzuordnen.

Das Wort Ökologie ist heute in aller Munde. Dabei verstehen viele nur die Lebenseinstellung einiger "Grüner" darunter. Die Ökologie beschäftigt sich als naturwissenschaftliche Disziplin mit den Zusammenhängen von Tieren untereinander, mit Pflanzengesellschaften und mit den davon abhängenden Tieren. Sie berücksichtigt die Bodenverhältnisse, die klimatischen Umstände, ebenso wie das komplizierte Zusammenspiel und die Abhängigkeit aller genannten Faktoren untereinander.

Die Problematik ist so kompliziert, auf den ersten Blick so verwirrend, für nahezu jedes Fleckchen Erde verschieden, daß man es dem Nichtfachmann gar nicht verübeln kann, wenn er unbewußt den Begriff der Ökologie ablehnt, ihn als "Spinnerei" betrachtet. Politisch ist es jedoch heute "in", sich damit zu beschäftigen. Alle Wissenschaftsrichtungen müssen, der ihnen innewohnenden Komplexität wegen, zu modellhafter Vereinfachung greifen. Oft gleitet diese dann an den Rand des gerade noch Vertretbaren. Wie will man auch "ganz einfach" ausdrücken, ob eine Landschaft noch, nicht mehr ganz, oder doch noch gesund ist?

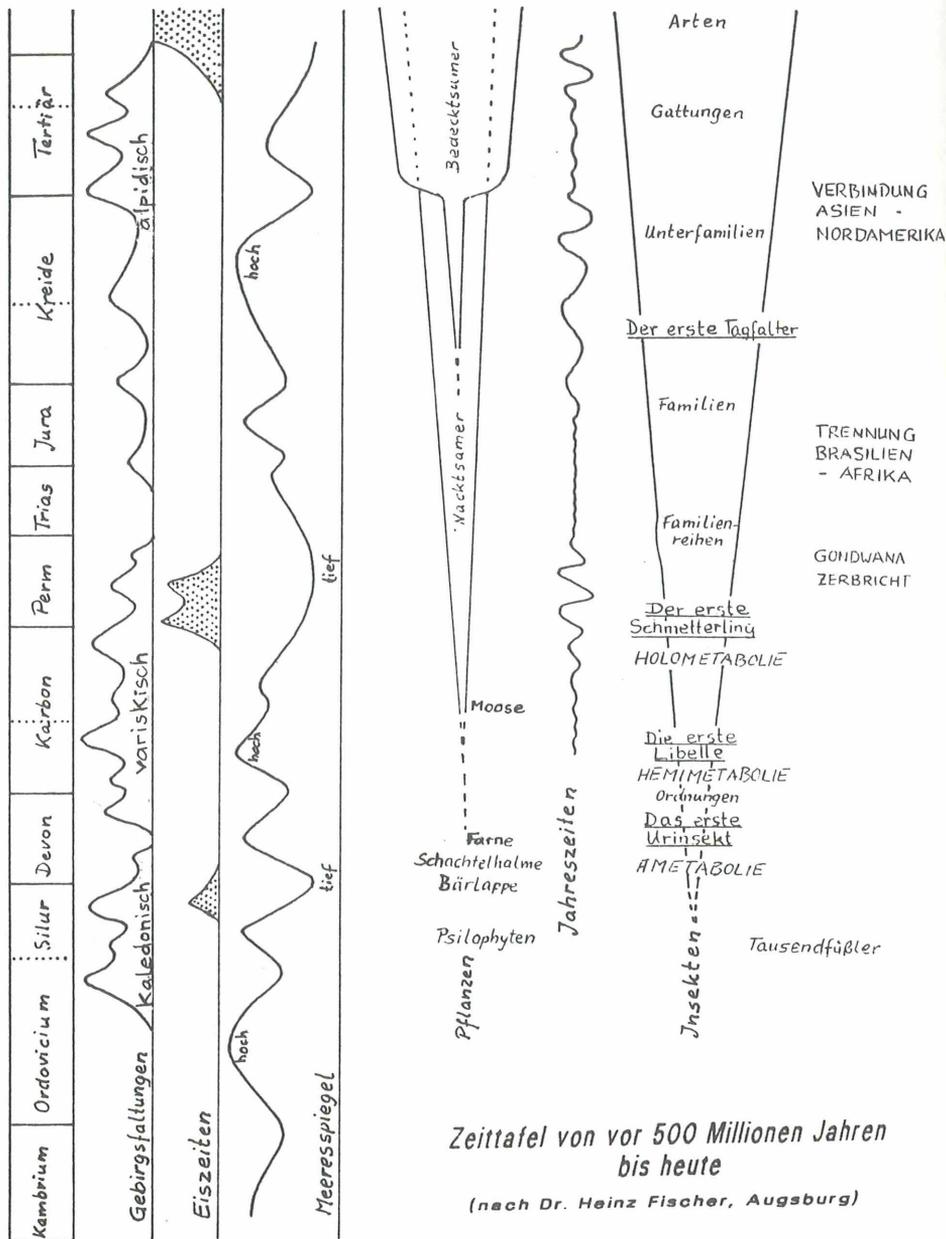
Elektronische Meßapparate zur Erfassung chemischer und physikalischer Daten helfen dabei. Dazu kommen die Beobachtungen des geschulten Auge eines Fachmanns. Seine Erkenntnisse bestätigen, einfach ausgedrückt, daß eine Landschaft umso gesünder ist, je größer die Artenvielfalt ist, die sie beherbergt.

Die oft vom Laien gestellte Frage, wozu denn wohl diese oder jene Art nütze, ist schon vom Ansatz her falsch, deshalb auch in dieser Form nicht beantwortbar. Wozu nützt ein Schwalbenschwanz den ein Durchschnittsbürger sowieso noch nie in seinem Leben gesehen hat?

Vielleicht trägt dieser Artikel über die Entstehungsgeschichte der Insekten im allgemeinen und über Schmetterlinge im besonderen dazu bei, eine etwas andere Betrachtungsweise der Natur zu fördern. Außerdem soll er den Boden bereiten für die im nächsten Bericht anstehende Vorstellung der neuen Fossilienfunde der unteren Kreide Brasiliens.

Bei der Bearbeitung des Themas stoßen wir auf ähnliche Probleme wie bei der Ökologie. Die Zusammenhänge, das sich gegenseitige Bedingen der einzelnen Faktoren, ist so verwirrend, daß man es nur andeutungsweise darlegen kann. Der Übersicht wegen muß der sogenannte rote Faden verfolgt werden, der, modellhaft, oft vielleicht zu vereinfachend, die Hauptstationen aufzeigt.

Seit wann gibt es Schmetterlinge, Käfer, Heuschrecken, Wanzen, Fliegen, etc? Soviel sei vorweggenommen: Als sich die Entwicklung der Säugetiere in ihren ersten Ansätzen zeigte, zu dieser Zeit gab es bereits die ersten Nachtfalter. Wir müssen also tief in die Geschichte unserer Erde vordringen.



Zeittafel von vor 500 Millionen Jahren bis heute

(nach Dr. Heinz Fischer, Augsburg)

Unter Entwicklung verstehen wir zweierlei: Einmal diejenige, die wir als Einzelwesen alle durchgemacht haben, von der befruchteten Eizelle bis zu einem ausgewachsenen Lebewesen. Sie bezeichnen wir als **Ontogenese**. Beim Schmetterling umfaßt sie seinen Lebenszyklus, also Ei, Raupe, Puppe, Falter. Natürlich ist es hier ebenso falsch, die alte Scherzfrage zu stellen, was denn nun früher dagewesen sei, das Ei oder die Henne. Sie zielt unausgesprochen auf die zweite Art der Entwicklung hin, der Stammesgeschichte oder **Phylogenese**.

Erst müssen wir uns jedoch darüber klar werden, was unter einem Insekt zu verstehen ist. Ein wirbelloses Tier, das in Sekten, sprich Abschnitte gegliedert ist: Kopf, Brust und Hinterleib. Spielt man auf die bei dieser Gliederung entstehenden Einschnitte an, so erhalten wir das eigentliche deutsche Wort dafür, Kerbtier. Ein weiteres, noch deutlicheres Merkmal ist die Anzahl der Beine.

Es sind nahezu ausnahmslos sechs, weshalb man sie auch, nach dem griechischen Wort für sechs, Hexapoden nennt, also Sechsfüßler. Im Gegensatz dazu haben Spinnen acht und Krebse zehn. Allen gemeinsam ist jedoch, daß sie gegliederte Beine haben. So etwas finden wir aber auch bei den Hundert- und Tausendfüßlern. Die Körper aller genannten Vertreter bestehen aus deutlich erkennbaren, wenn auch mehr oder minder abgewandelten Gliedern.

Deshalb fassen wir sie alle im Stamme der Gliedertiere oder **Articulaten** zusammen.

Je mehr gemeinsame Merkmale ein Lebewesen mit einem anderen hat, desto näher ist es mit ihm verwandt. Alle Insekten, die auf ihren häutigen Flügeln Schuppen tragen, nennt man Schuppenflügler (*Lepidopteren*) oder Schmetterlinge, alle die statt dieser Schuppen feine Härchen tragen, sind Köcherfliegen (*Trichopteren*) alle, deren Vorderteil der Vorderflügels eine biegbare Membran tragen, nennt man Wanzen (*Heteropteren*), usw.

Mit solchen und ähnlichen Merkmalen des Körperbaus, der Anatomie, läßt sich ein vortreffliches System aufbauen und der Grad der Verwandtschaft messen. Als CARL VON LINNÉ, der Schwede, Mitte des 18. Jahrhunderts sein "Systema naturae" aufstellte, suchte und benutzte er solche Merkmale. Allerdings ging er davon aus, daß jede Art alleine und für sich entstanden war.

Für ihn war ein gemeinsames Merkmal nur das Zeichen der Zugehörigkeit zu ein und derselben Gruppe. Spätestens seit den Arbeiten von CHARLES DARWIN wissen wir, daß diese gemeinsamen Merkmale einen Gradmesser für die Verwandtschaft und damit für die Abspaltung einer Art von einer anderen darstellt, gleichgültig, mit welchem Mechanismus man sich einen solchen vorstellt. DARWIN deutete dies auch für

den Menschen an, was einen Entrüstungssturm hervorrief. Doch, gehen wir zu den Abstammungsproblemen der Insekten zurück, die unverfänglicher aber kaum weniger interessant und kompliziert sind.

Unsere Erde ist 4,5 Mrd. Jahre alt. Einmal abgekühlt, mit den ersten Festländern und Meeren versehen, entstanden unter der Uratmosphäre in den ersten marinen Bereichen organische Makromoleküle. Irgendwann bildete sich bei einem solchen Molekül die Fähigkeit, seinen Inhalt zu verdoppeln und sich zu teilen; die erste Vermehrung. Sicherlich nur wenig später erfolgte die genialste Erfindung der Natur. Ihr verdanken wir alle unser Leben, vom einfachen Wurm, bis zum Menschen. Es ist die Fähigkeit, die wir trotz aller Fortschritte in Forschung und Technik noch immer nicht nachzuahmen imstande sind: der Vorgang der Photosynthese.

Dadurch ist es möglich, die Strahlungsenergie der Sonne in chemische Energie umzuwandeln und damit speicherbar und transportabel zu machen. Dieser Wunderstoff hat den schlichten Namen Glucose oder Traubenzucker. Diese Fähigkeit hat nur die grüne Pflanze. Somit ist sie buchstäblich die Voraussetzung und Grundlage für alle Lebewesen, die nicht in der Lage sind, die Sonnenenergie selbst in organisches Material zu verwandeln.

Das sind so ziemlich alle, außer ein paar wenigen Bakteriengruppen, die im Vorgang der Chemosynthese ihren Energiebedarf stillen können.

Um nun weiterhin die Phylogenie der Insekten im Groben verfolgen zu können, müssen wir auf die Forschungsergebnisse vieler naturwissenschaftlicher Sparten zurückgreifen, auf Geologie, Chemie, Physik, Botanik und Zoologie mit ihrer Entomologie, der Insektenkunde.

Um sich in diesem, wie schon angedeutet, riesigen Zeitraum von etwa 4,5 Mrd. Jahren etwas auszuken-
nen, brauchen wir eine Einteilung, die wir der Geologie zu verdanken haben (Vergleiche Tabelle der Erdzeitalter). Es ist schlichtweg unmöglich, nur die Insekten für sich selbst zu betrachten, ohne die Zusammenhänge, die möglichen Voraussetzungen und eventuellen Folgen in Betracht zu ziehen.

Die ersten Pflanzen

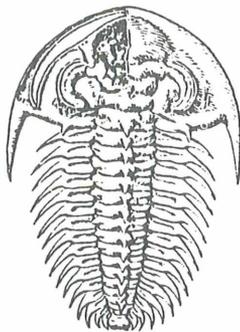
Fragen wir die Botanik, nach den ältesten bekannten Pflanzen, so nennt sie uns die Blaualgen. Wir kennen sie alle, den grünen Belag an feuchten Hauswänden, Büschel in Bächen und an Flußufern, dunkelgrünbläulich, die sogenannte Wasserblüte auf Tümpeln und Teichen. In diesen Blaualgen stehen uns die Nach-

fahren der ältesten Pflanzen gegenüber, die auch noch den ursprünglichen Typus der Fortpflanzung zeigen, die ungeschlechtliche Teilung.

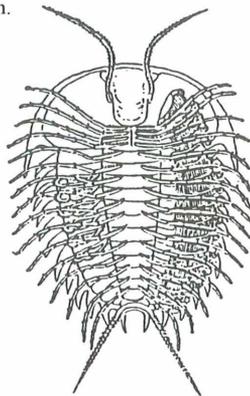
Mikroskopische Aufnahmen von präkambrischen Gesteinen, älter als 500 Mill. Jahre, zeugen von deren früher Existenz. Keine Frage, Blaualgen waren damals wie heute ans Wasser gebunden. Werfen wir kurz, zur Vororientierung einen Blick auf die Entwicklung der Pflanzen:

Bakterien ⇨ Blaualgen ⇨ Grünalgen ⇨ Urfarne ⇨ Bärlappe ⇨
⇨ Samenfarne ⇨ Nacktsamer ⇨ Bedecktsamer.

Die Pflanzen zeichneten, immer um eine Nasenlänge voraus, den Weg vor, weg vom Entstehungsort Wasser, hin zur Besiedlung des trockenen Landes und der immer besseren Einstellung der dort herrschenden Verhältnisse und Bedingungen. Naturgemäß ist unser Wissen, je weiter es von der Jetztzeit in die Vergangenheit zurückreicht, umso lückenhafter. So können wir im Buch der Versteinerungen, wie die Fossilien oft genannt werden, oftmals nur das Auftauchen einer Gruppe von Lebewesen feststellen, ohne vielfach sog. Vorstufen erkennen zu können. So sind in den Meeren des Kambriums neben den wirbellosen Armfüßlern (den *Brachyopoden*) und Stachelhäutern (den *Echinodermen*) auch schon die ersten Gliederfüßler, die *Trilobiten* (die Dreilappkrebse) vorhanden.



Trilobit *Holmia kjerulfi* von oben



Trilobit *Neolanus serratus* von unten

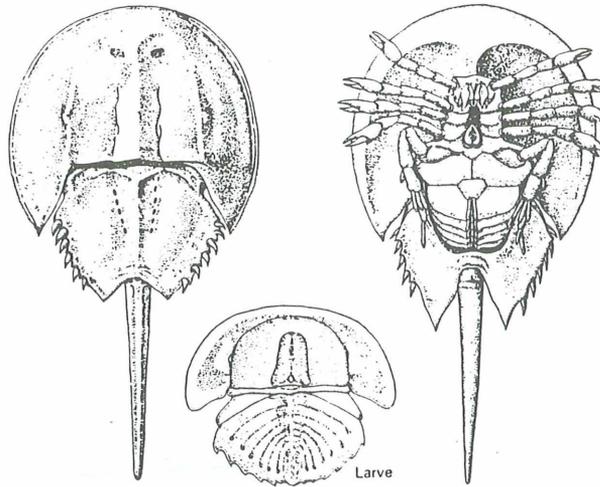
(Abbildungen aus: BOLSCHE 1931)

Ihnen ist deutlich anzusehen, daß sie zu den Arthropoden gehören, zu den marinen Gliedertieren. Die Verwandtschaft zu den Spinnen, Skorpionen und Krebsen ist bereits deutlich zu erkennen.

Die Trilobiten lebten, ohne sich besonders zu verändern, 300 Millionen Jahre lang. Zwar entwickelten sie eine ungeheure Fülle von Arten, Formen und Ausprägungen, doch sind die Versteinerungen jederzeit als Dreilappkrebse erkennbar. Ende des Permzeitalters starben sie aus uns unbekanntem Gründen aus. Andere

Arten, die aus möglicherweise ähnlichen oder den gleichen Vorfahren hervorgegangen sind, leben heute noch, die Spinnen und Skorpione.

Hier müssen auch die Pfeilschwanzkrebse oder Meristomata genannt werden; die nächsten Verwandten der Trilobiten, die von Anfang an, also hart an der Grenze der Entstehung des Lebens vor 500 Millionen Jahren, mit den Urgliedertieren lebten und die heute noch nahezu unverändert an den Küsten Amerikas und Asiens vorkommen. Zwar sind die erwachsenen Tiere sehr verschieden von den Trilobiten, doch ist bemerkenswert, daß die Larven der Pfeilschwanzkrebse den Trilobiten sehr ähnlich sehen. Überhaupt ist festzustellen, daß so manches Problem eines Verwandtschaftsverhältnisses eher über die Larven zu oder die Futterpflanzen zu lösen ist, als über den reinen Vergleich der adulten Tiere.

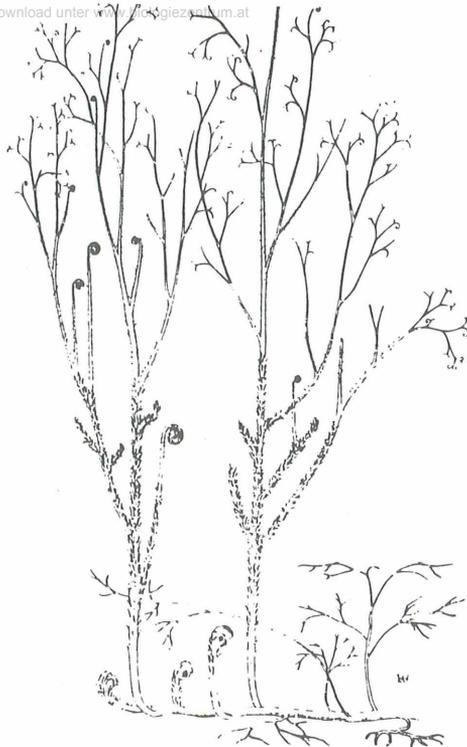


Pfeilschwanzkrebse *Limulus polyphemus*, Länge bis 30 cm. Seine Larve ähnelt dem ausgestorbenen Trilobiten. (Abb. aus: ROMER 1970)

Bemerkenswert ist, daß das harte Außenskelett der Pfeilschwanzkrebse, ebenso wie das der heutigen Insekten aus Chitin besteht, während die harten Außenschalen der Krebse noch Kalkeinlagerungen besitzen. Weiterhin hatten sie bereits das zusammengesetzte Facetten oder Komplexauge, wie wir es von den heute lebenden Insekten kennen.

Der erste Schritt aufs Land

Gehen wir vom Kambrium über das Ordoviciem zum Zeitabschnitt des Silur. Dabei "überspringen" wir etwa 120 Millionen Jahre. Das Silur nimmt, zusammen mit dem nachfolgenden Devon, eine Schlüsselstellung in der Entwicklung der Pflanzen und somit der Insekten ein. Geologisch gesehen entstand das Kaledonische Gebirge, im heutigen Skandinavien, England und Irland. Das Klima war gemäßigt. Die Pflanzen versuchten, sich an den vom Meer zeitweise durch die Gezeiten verlassen Stellen zu halten. Es entstand eine ursprüngliche, halbkontinentale Pflanzenwelt. Man spricht auch vom Landgang des Lebens allgemein.



Asteroxylon elberfeldense, eine der ersten Landpflanzen. (Abb. aus: SCHWEITZER 1990)

Hauptsächlich Meeresalgen, aber auch schon teilweise gefäßreichere auf dem Festland lebende Pflanzen existierten. Pflanzen, die sich aus den im Wasser lebenden Algen offenbar dadurch entwickelt hatten, daß sie sich beim "Rückzug" der Meere dem Niedrigwasserstand und schließlich beim völligen Austrocknen der Buchten den neuen Verhältnissen angepaßt haben. Eine dieser ersten Pflanzen ist *Asteroxylon*, die ihre Sprosse über die Wasseroberfläche der Gezeitenzone streckte. Sie hatte einfache, wasserleitende Gefäße. Wurzelähnliche Gebilde befestigten sie am Boden, gegen die Bewegung von Ebbe und Flut.

Mußte sie auf trockenem Lande leben, so drängten sich verzweigte Luftsprosse mit kleinen Blättchen hervor. Einige Triebe wuchsen zur Wasseraufnahme nach unten. Wir kennen *Asteroxylon* aus Tonschieferabdrücken. Sie wurde ca. 1 m hoch und besaß etwa 1 cm dicke Luftsprosse.

Vorfahren der Insekten an Land

Diese flachen Becken mit oftmals austrocknenden Vegetationszonen waren die Bühne des Landgangs des Lebens. Niemand vermag zu sagen, weshalb es das schützende Wasser verließ. Tatsache ist, daß

gleichzeitig uns noch unbekannt, vermutlich aber "wurmartig" aussehende Verwandte der marinen Gliedertiere das Meer verließen und sich zumindest von Zeit zu Zeit in diesen feuchten, aber oft wasserlosen Buchten aufhielten. Verbunden damit war natürlich eine Umstellung der Atmung. Ausgestattet mit kauendbeißenden Mundwerkzeugen, ernährten sie sich dort wahrscheinlich von abgestorbenen Pflanzen.

Im restlichen Devon scheinen sich die Verhältnisse nicht sonderlich geändert zu haben. Gegen Ende des Abschnitts entstand das Variskische Gebirge (Iberische Scholle, Armorikanisches Gebirge, die Böhmisches Masse). Im Norden der Erdkugel lag die Landmasse von Fennoskandia und Laurentia. Es gab riesige Ebenen und ein trockenes warmes Klima. Durch Eisenoxyd rot gefärbte Sande ließen den für das Devon bekannten "Red Old Continent" entstehen. Die Grundlagen für die weitere Besiedlung des Landes blieben günstig.

Im Meer

Im Meer ist die Entstehung von Urhaien und das Auftauchen der ersten, sonst meist aus dem Erdmittelalter (Mesozoikum) bekannten Ammoniten zu vermelden. Besonders bedeutend sind die Quastenflosser, die sog. *Crossopterygia*, die das austrocknende und sauerstoffarme Milieu der Küstensümpfe im Devon zwang, vom Atmen mittels Kiemen, mit Hilfe eines besonderen Luftsackes aus dem später einmal die erste Lunge werden sollte, zur Sauerstoffanreicherung des Blutes auf den Luftsauerstoff überzugehen,

Niedriges Leben in den Lagunen

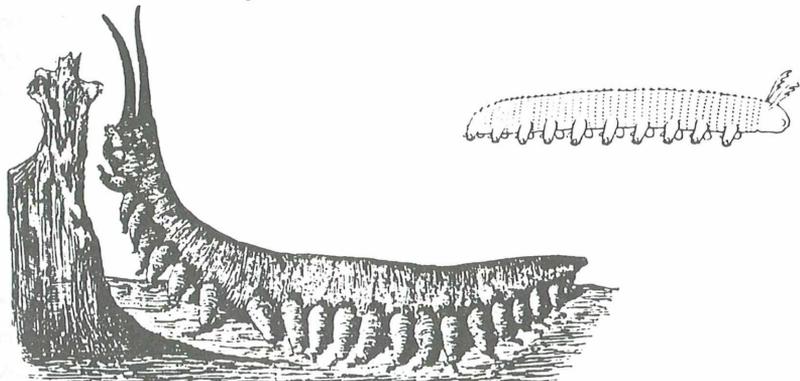
Aus derselben Zeit kennen wir auch die ersten Uramphibien, die Panzerlurche. Diese lebten, wie vermutlich auch die Quastenflosser, die sich auch zur selben Zeit anschickten, das Meer zu verlassen, von Würmern, Schnecken, Asseln (Land und Wasserkrebsen) und jenem wurmartigen Urinsekt, das als Urahn der Insekten ebenfalls im Devon den Landgang wagte. Schon damals gehörten also die Vorfahren der Insekten zu denjenigen, die gefressen wurden. Sie selbst lebten, wie schon angedeutet, als Saprophage, von abgestorbenen Pflanzenresten. Es könnte aber auch schon welche gegeben haben, die sich an lebende Pflanzen gemacht haben.

Die Jagd der Uramphibien auf die ersten Landgliedertiere ging sicherlich bei Tage vor sich, da sie auf energiereiche, wärmespendende Sonnenstrahlung angewiesen waren. Nachts jagten die ersten Skorpio-

ne, deren Erscheinen ebenfalls aus meeresbewohnenden Vorfahren für dieselbe Zeit fossil nachzuweisen ist. Das für unser Thema bedeutende Beutetier war der bereits angedeutete wurmähnliche Insektenvorläufer. Seine genaue Herkunft ist unbekannt. Sein heutiger nächster Verwandter ist der *Peripatus*.

Der Umherwanderer

Es ist wert, sich mit dem Stummelfüßler oder, wie er genau übersetzt heißt, "Umherwandler" näher zu beschäftigen. Aus den Tonlagern von Burgess von British Columbia, Kanada, wurden viele fossile Spuren von *Aysheaia*, einem Vorfahren der heutigen Stummelfüßler gefunden. In wieweit sich der innere Aufbau dieses kleinen Tierchens bei seiner Umstellung von der marinen zur terrestrischen Lebensweise änderte, wissen wir nicht. Ein Merkmal der frühen Stummelfüßler stellt jedoch eine Vorwegnahme eines klassischen Insektenmerkmals dar: die Chitinhaut, die allerdings, wir erinnern uns, auch schon bei den Pfeilschwanzkrebsen zu finden gewesen war.



Links: *Peripatus amboinensis* in Witterungsstellung erhoben. (Abb. aus: KAESTNER 1954/55)

Rechts: *Aysheia pedunculata*, ein Vorfahre des *Peripatus*, der die Verbindung zwischen Würmern (*Annelida*) und Gliedertieren (*Arthropoda*) zeigt. (Abb. aus: KRUMBIEGEL 1981)

Die andauernde, unbarmherzige Jagd auf die eiweißreichen Gliederfüßler könnte die einen zu noch versteckterer Lebensweise gedrängt haben, die anderen (Vorläufer der Hundert- und Tausendfüßler), den Peripathusahnen bzw. seine Nachfahren, die späteren Insekten, aber dazu, den Boden krabbelnd, oder später fliegend, zu verlassen. Schließlich war ja die Pflanzengruppe der Asteroxylonartigen schon zu Beginn ca. 1 m hoch.

Gegen Ende des Devons, also innerhalb einer Zeitspanne von rund 40 Millionen Jahren, waren aus den bescheidenen ersten Landpflanzen bereits stattliche Farne, Bärlappe, und Schachtelhalme geworden, die

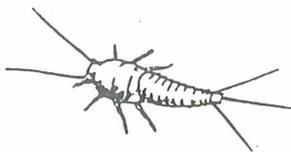
mittlere Baumgröße erreicht hatten. Vom Peripathus, dem Zeitgenossen der ersten Hundert- und Tausendfüßler gibt es zwar wiederum kein Fossil das uns zeigen könnte wie ein solches Urinsekt damals aussah, als es das Meer verlassen hatte. Aber möglicherweise ist der heutige rezente "Wurm" mit den klauentragenden Füßen eines Arthropoden ein kaum veränderter direkter Nachfahre. Schließlich hat er auch heute das ursprüngliche Atmungssystem eines Wassertieres beibehalten, so daß er nur an sehr feuchten Bereichen des Regenwaldes leben kann. Dies weist auf seine aquatische Herkunft hin. Mit den rezenten Gliederfüßlern hat er die Tatsache gemeinsam, daß er sich häuten muß, da auch bei ihm die durch das Wachstum zu eng gewordene Chitinhaut sich nicht dehnen kann.

Die Rolle im Naturhaushalt ist wahrscheinlich beim heutigen wie beim damaligen Gliederfüßler die gleiche: ein bodenbewohnender Abfallfresser, ein Verwerter zerfallenden organischen Materials, ein Reduzent, wie es auch für die heute noch lebenden nächsten Verwandten der Urinsekten, das bekannte Silberfischchen, bzw. den Felsenspringer gilt.

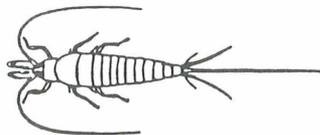
Reduzenten zerlegen organisches Material aus dem alles Lebendige besteht und verwerten für sich die darin steckende Energie. Was sie wiederum abgeben ist entweder für sie nicht mehr verwertbares, sprich reduzierbares Material, also bereits anorganisches, oder noch organisches Material von zu niedrigem Energieniveau, worüber sich dann noch andere Reduzenten hermachen, wie z. B. Bakterien oder Pilze.

Der weitere Weg.

Felsenspringer und Silberfischchen geben uns einen Hinweis auf die mögliche weitere Entwicklung der Insekten. Beide besitzen viele Körperabschnitte, (Gliedertier) wobei an jedem Segment ein Paar stummelartiger Beine sitzt. Die ersten drei Paare sind voll ausgebildet und dienen, wie bei den anderen Insekten auch, zum Laufen.



Silberfischchen (*Lepisma saccharina*)



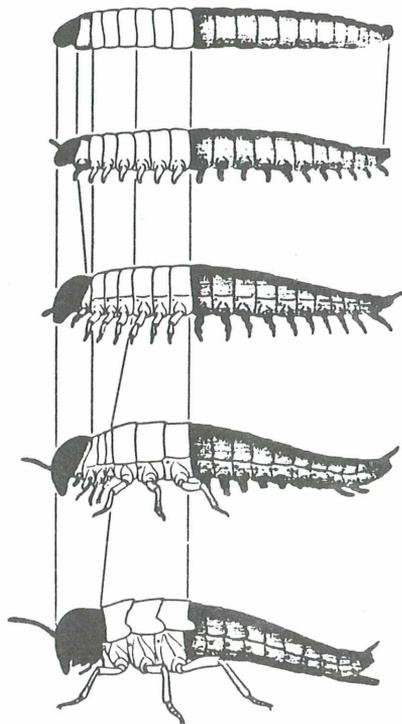
Felsenspringer (*Petrobius brevistylis*)

So ist anzunehmen, daß im Laufe der Zeit diese Anhänge an den einzelnen Gliedern entweder umgebildet wurden, daß sie verkümmert sind, oder gänzlich verloren gingen. Der allgemeinen Auffassung nach wurden die Anhänge an den drei Segmenten hinter dem Kopf zu richtigen Fortbewegungsorganen, die der

Endsegmente zu den Cerci. (Das sind Extremitäten des letzten Hinterleibsgliedes in Form von Fäden wie z.B. bei den Eintagsfliegen) Aus den Anhängen der ursprünglichen fünf Segmente wurden die Mundwerkzeuge, die Segmente selbst verschmolzen zum Kopf. Die folgenden drei Segmente entwickelten sich zum Thorax, der Brust mit den drei Beinpaaren. Aus den restlichen Gliedern bildete sich der Hinterleib, das Abdomen. Wollen wir eine Vorstellung davon haben, so brauchen wir nur eine heutige Laufkäferlarve anzusehen. Wiederum gibt uns eine Larve die Bestätigung einer Überlegung.

rechts:

Das Diagramm zeigt die mögliche Entwicklung der Insekten aus den Würmern. (Abb.aus:MOORE 1969)



Zum ersten Mal lernt ein Lebewesen fliegen

Schauen wir uns jedoch einen modernen Schmetterling an, so hat man davon, ohne Kenntnis der Zwischenstufen, kaum mehr eine Vorstellung vom Anfang. Nur die Larve, die Raupe, hilft uns weiter.

Aber dazwischen liegen ja auch 300 Millionen Jahre intensiver Entwicklungsarbeit der Natur. Diese Entwicklungsarbeit am Peripatus muß jedoch relativ früh eingesetzt haben. Bestimmte Verwandte von ihm, wohl solche, die bereits lebende Pflanzen fraßen, entwickelten möglicherweise an der Brust eine Art Gleitflächen mit denen sie einen schnellen Ortswechsel vornehmen oder sich schnell in Sicherheit bringen konnten. Denken wir nur an die Parallele bei den Wirbeltieren, den Flugechsen und den Flughörnchen, die alle das Prinzip des Gleitens ausnützen.

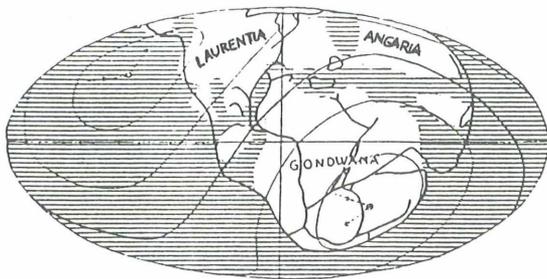
Diese Gleitflügelentwicklung muß nicht mit dem Nahrungserwerb in Zusammenhang gestanden haben, das ist ja bei den heutigen Insekten auch nicht unbedingt der Fall. Wiederum kennen wir

kein Fossil, das uns ein Stadium des Übergangs vom ungeflügelten zum geflügelten Insekt erhalten hätte. Im Buch der Fossilien sind sie "plötzlich" mit mehreren Gruppen im Steinkohlewald des Karbon vorhanden. Der auslösende Faktor, der die Erbanlagen zum Plan und damit zur Bildung von Flügeln veranlaßte, ist unbekannt. Nach der heutigen Vorstellung kann es jedoch nicht die Aufsummierung kleinster Mutationsabänderungen und -schritte gewesen sein. Für jedermann dürfte es jedoch verständlich sein, daß fliegende Insekten gegenüber ihren ungeflügelten Zeitgenossen besser für alle Eventualitäten des Lebens gerüstet waren, sowohl gegenüber den Uramphibien als auch gegenüber ihren Feinden im Gliederfüßlerbereich, den Spinnen und Hundertfüßlern. Tatsache ist jedoch, daß die Insekten, schon 150 Millionen Jahre vor den Vögeln fliegen konnten. Somit wurde das Fliegen viermal erfunden, mit dem menschlichen Flugapparat sogar fünfmal.: Insekten, Flugsaurier, Vögel, Säugetiere und schließlich vom Menschen.

Welche Zeit war dieses Karbon, in dem sich bereits mehrere Gruppen mit jeweils vielen verschiedenen Arten geflügelter Insekten durch die urchimlichen Wälder tummelten?

Das Karbon

Während des Devons und fortschreitend während des Karbons faltete sich in unterschiedlicher Intensität das schon erwähnte variskische Gebirge. Es gab bedeutende Klimaveränderungen, die die Tier und Pflanzenwelt stark beeinflussten. Die Tethys, das weltumspannende Meer, trennte einen Kontinent bestehend aus dem kanadischen Kern, Grönland und Fennoskandien von dem östlich davon liegenden sog. Angaraland, dem heutigen Asien. Diese beiden Kontinente waren von einem flachen, arktischen Meer umgeben. Südlich der Tethys lag das Gondwanaland, bestehend aus den Landmassen, die wir heute kennen als Südamerika, Südafrika, Madagaskar, Teile Arabiens, Vorderindien, Australien und der Antarktis. (vgl. Landkarte des Karbon)



Verteilung der Kontinente während der Karbonzeit, nach WEGENER. (Abb. aus: JEANNEL 1979)

Wald im Oberen Karbon auf
Laurentia. Rekonstruktion
von Paul BERTRAND.
(Abb.aus:JEANNEL 1979)



In der Nähe der gefalteten Regionen des variskischen Gebirges im heutigen England, Belgien, Holland, Niederrhein, Schlesien, Böhmen und der Ukraine kam es zu einem Rückgang des Meeres und zur Bildung von flachen Küstenlagunen. Diese wurden zu sumpfigen Becken, die sich mit üppigem tropischem Pflanzenwuchs, wie Farnen, Schachtelhalmen und Bärlappen bedeckten. Das Klima war feucht, ohne große Temperaturschwankungen.

In den nördlichen Gebieten von Angara (heutiges Asien) Laurentia (Nordamerika) und im Süden des Gondwanalandes wuchsen jahresringbildende Hölzer, wie *Araucarien*, ursprüngliche Nacktsamer, die bereits echte Samen erzeugten, (zoologisch statt botanisch ausgedrückt, Embryonen) auch Farne und Schachtelhalme. Nach dem Hauptvertreter "*Glossopteris*", der kennzeichnenden Pflanzengruppe der *Psilophyten*, spricht man von der Glossopterisfauna des Südkontinents, des Gondwanalandes.

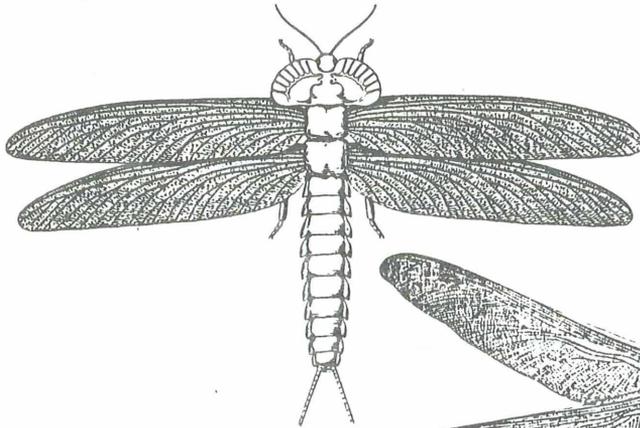
Wir finden faszinierende Pflanzen wie den Schuppenbaum, (*Lepidodendron*) den Siegelbaum (*Sigillaria*) die Riesenschachtelhalme (*Calamites*) sowie Baumfarne, ähnlich denen, die wir heute noch in allen Tropen finden. Besonders zu erwähnen sind die Samenfarne, die *Pteridospermae*, da sie die Vorläufer der späteren Nacktsamer (*Gymnospermae*) und dann der Bedecktsamer (*Angiospermae*) sind.

Letztere sollten bei der Entwicklung der Insekten noch eine Rolle spielen. Ohne die schrittmachende Entwicklung der Pflanzen ist die der Insekten nicht denkbar. Die Karbonvegetation brachte die ersten dichten Wälder unseres Planeten. Die damaligen Bäume hatten keine Blätter im heutigen Sinne und warfen wenig Schatten. Die Sonne schien bis zum Boden. Da die Pflanzen noch nicht so viel Wasser in

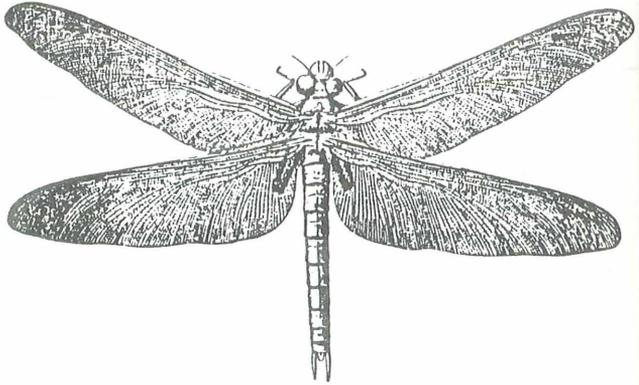
ihren Körpern aufnehmen und verteilen konnten, mußten sie dort wachsen, wo genügend Wasser am Boden und in der Luft vorhanden war, an flachen, sumpfigen Küsten und an Binnenseen. Die Hänge der Berge blieben kahl, nichts schützte sie vor Erosion.

Unter diesen Umständen und Verhältnissen hatte sich aus dem ersten wurmartigen Peripatus innerhalb von 40 bis 50 Millionen Jahren bereits während des Karbon die meisten uns bekannten Insekten, die in ihrer Individualentwicklung (Ontogenese) kein Puppenstadium kennen, entwickelt, die sog. **Hemimetabolen**.

Wir kennen sie aus Versteinerungen: Eintagsfliegen, Steinfliegen, Libellen, Schaben, Wanzen, Zikaden in hunderten von Arten. Außerdem gab es einige, bald wieder ausgestorbene Gruppen, wie die riesigen *Meganeura*, eine Karbonlibelle mit über 75 cm Spannweite.



Zu den frühen flugfähigen Insektenformen gehört *Stilbichrocis heeri*, ein Vertreter der ausgestorbenen *Palaedictyoptera*, die gerne als Urahn aller geflügelten Insekten angesehen werden. (Abb. aus: WEBER 1966)



Urilibelle *Meganeura monyi* aus dem Oberkarbon Frankreichs mit etwa 70 cm Flügelspannweite. (Abb. aus: MALZ & SCHRÖDER 1979)

So entstanden anscheinend die hemimetabolen Insekten hauptsächlich auf der Nordhalbkugel, in Laurentia. Bei tropischem Klima, besten Bedingungen wuchsen die eben aus den Eiern geschlüpften Tiere heran, und bildeten in den Flügelhüllen der noch nicht erwachsenen Tiere langsam, von Häutung zu Häutung größer werdend, Flügel aus, die dann nach der letzten Häutung funktionstüchtig waren. Wir kennen das ja von den heutigen Wanzen Grillen, Libellen usw.

Einen anderen Weg der Entwicklung unter anderen Bedingungen gingen die Vorfahren des Peripatus, die das Schicksal auf den Südkontinent verschlagen hatte. Für das Ende des Karbonzeitalters kann man nämlich auf den Landmassen der Südhalbkugel, dem bereits erwähnten Gondwanaland Spuren einer Vereisung feststellen. Das karbonische Klima war trockener geworden, große Wassermassen an den Polen gebunden in Form von den Eiskappen, der Meeresspiegel dementsprechend gesunken. Die permokarbonische Eiszeit kündigte sich an.

Im Perm glich die Verteilung der Kontinente in etwa der des Karbon. Die Erosion trug die variskischen Gebirge ab, wie schon erwähnt, wesentlich schneller als heute, da sie ja jeden Pflanzenbewuchses bar waren. Der alte Granit der variskischen Faltung ist z. B. in der Bretagne derartig mürbe, daß man ihn mit der Hand zerdrücken kann.

Auf den Kontinenten der Landmassen der Permzeit waren die Klimata unterschiedlich. Auf der nördlichen Halbkugel breitete sich langsam eine Wüste aus. In den austrocknenden Bereichen bildeten sich aus der Gruppe der Sporenpflanzen (Farne, Schachtelhalme und Bärlappe) die zur Fortpflanzung auf Feuchtigkeit angewiesen sind, nacktsamige Pflanzen heraus, die die Trockenheit besser ertragen konnten. Die Ginkgos, die Palmfarne (*Cycadeen*) und Nadelholzgewächse (*Walchia*, *Ullmannia*, *Voltzia*) Nach dem Rückgang des Eises, gegen Ende der permokarbonischen Eiszeit waren auf dem nördlichen Kontinent also neue Pflanzengruppen entstanden, während auf dem südlichen Superkontinent wieder die Glossopterisfauna herrschte.

Doch was passierte mit den Insekten? Während im nördlichen Laurentia aus den ursprünglichen ametabolen Insekten, (Entwicklung ohne Metamorphose) die Hemimetabolen geworden waren, entwickelten sich im Bereich des Gondwanalandes aus gleichen oder ähnlich gestalteten Vorfahren, die Holometabolen, also diejenigen Gruppen, die zwischen Larvenstadium und dem Erwachsenenstadium eine Puppenruhe einschrieben. Die permokarbonische Eiszeit zwang wahrscheinlich die Insekten, durch erheblich ausgeprägtere Jahreszeiten und damit verbundene Zwangsentwicklungspausen, diese unwirtliche Zeit in einer Art Winterschlaf zu überdauern.

Auch heute noch überwintern die meisten Holometabolen im Puppenstadium.

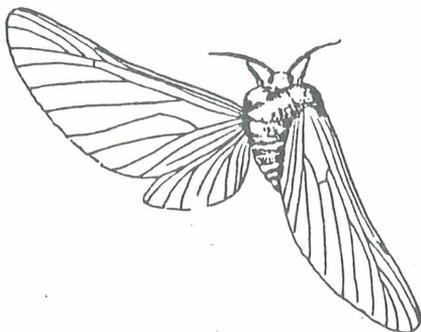
So sind die Flügel der Insekten also möglicherweise gleich zweimal entstanden, einmal auf Laurentia, auf der Nordhalbkugel, bei den Hemimetabolen, und zum zweitenmal bei den Holometabolen auf dem Gond-

wanaland der Südhalbkugel. Im gleichen Zuge dürften sich die einzelnen Gruppen auch verschiedene Mundwerkzeuge "zugelegt" haben.

Wie schon bei den Hemimetabolen fehlen leider auch hier fossile Übergangsstadien. Die Zoologen bezeichnen dieses Phänomen als Radiation, wenn "plötzlich" in den Ablagerungen viele Gruppen vorhanden sind. Fossil tauchen im Perm folgende Ordnungen auf: Hautflügler, (*Hymenoptera*), Käfer (*Coleoptera*), Schlammfliegen (*Megaloptera*), Kamelhalsfliegen (*Rhaphidioptera*), Netzflügler (*Neuroptera*), Köcherfliegen (*Trichoptera*), Schmetterlinge (*Lepidoptera*), Fliegen (*Diptera*), Schnabelfliegen (*Mecoptera*) sowie Flöhe (*Siphonaptera*)

Nach dem Karbon, im Perm, begegnen wir vor ca. 280 Millionen Jahren dem ersten Schmetterling. Er besaß noch keinen Rüssel, sondern hatte noch kauende Mundwerkzeuge. Heutige Nachfahren sind überall auf der Welt verbreitet und zählen zu den "Kleinschmetterlingen", wenn es auch noch Riesen von über 20 cm Spannweite unter ihnen gibt.

Sie sind heute in der Mehrzahl Nachtfalter oder doch zumindest Dämmerungstiere.



Eocicada lameerei HANDLIRSCH, 15 cm Spannweite, aus dem Jura, nächster Verwandter rezenter australischer Schildmotten. (Abb. aus: BÖLSCHKE 1916)

Zur Zeit des Auseinanderbrechens des Gondwanalandes und dem Rückgang des mesogäischen Meeres breiteten sich die Nachfahren dieser ersten Holometabolen von Süden nach Norden, die Nachfahren der Hemimetabolen von Norden nach Süden aus, auf die auseinanderdriftenden Schollen des Südkontinents.

Die Vorläufer der ersten Säugetiere

So gab es nun am Ende des Paläozoikums auf der ganzen Welt hemi- und holometabole Insekten, sowie die meisten heutigen Insektenfamilien. Von den ersten Säugetieren ist noch weit und breit nichts zu sehen. Sie bereiteten unbemerkt ihr Kommen vor. Bis wir sie als Säugetiere erkennen, sollten noch einmal 180

Millionen Jahre vergehen. So lange dauerte nun das anschließende Mesozoikum, das Erdmittelalter mit den Unterformationen des Trias, Jura und der Kreide.

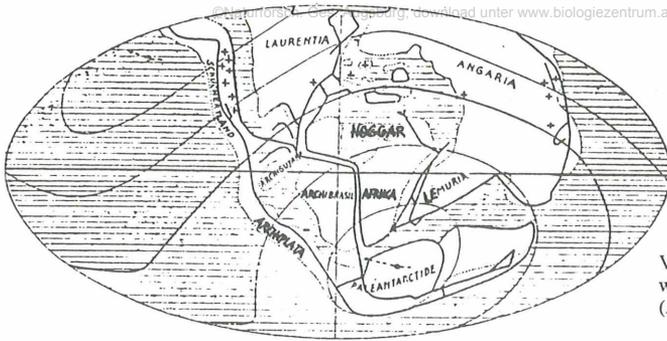
Wie schon gesagt, das Gondwanaland zerbrach, Südamerika und Afrika trennten sich langsam voneinander, indem der Uratlantik zuerst im Süden mit einem nach Norden gerichteten Riß den gemeinsamen Kontinent Afrika - Südamerika trennte. In der Kreide, genauer der unteren Kreideformation Brasiliens entstand eine interessante Lagerstätte von fossilen Insekten, die so nach und nach ihre Schätze freigibt, und von denen ich im letzten Jahr einige schöne Stücke erhalten hatte. Sie werden Gegenstand einer Untersuchung sein, die im nächsten Bericht erscheinen wird.

Doch zurück zum Mesozoikum. In Laurentia breiteten sich Farne und Ginkgos aus. Gegen Ende der Trias kamen die Vorfahren der allseits bekannten Riesenechsen. Die seit langer Zeit bereits vorhandenen Festlandskriechtiere aus der Gruppe der *Teromorphen* brachten die ersten Urbeuteltiere hervor, die Vorfahren der ersten Säuger. Auch bei den Pflanzen bereitete sich ein bedeutungsvoller Wechsel vor, vergleichbar mit der Umgestaltung der Reptilien zu den Urbeutlern.

Blütenpflanzen im Erdmittelalter als Entwicklungsanstoß

Palmfarnähnliche Pflanzen, die in ihrem Vermehrungsapparat an bedecktsamige Pflanzen erinnern, deuteten die Richtung der Neuerung an. Unter den Nadelgewächsen zeigten sich die Vorläufer unserer heutigen Tannen, Araucarien (Verwandte unserer Zimmertannen) Sequoien und Zypressen. Ohne Besonderheiten geht die Trias in den Jura über. An wichtigen Meerestieren erleben die Foraminiferen, die Korallen, Schwämme, Muscheln, Ammoniten, Belemniten und die Krabben ihre große Entwicklung.

Spektakuläres tut sich nun im Jura an Land. Die größten Landtiere die es jemals gab, entwickelten sich: Die ganze Palette der Saurier in vielen Gattungen, Arten, Formen und Größen. Außerdem erscheint der erste Urvogel, der *Archaeopteryx*, von dem aus eine gerade Entwicklungslinie bis zu unseren Vögeln geht. Auch von ihm kennen wir keine fossile Vorform. Die nun auf das Jura folgende Kreidezeit ist für die Entwicklung unserer Insekten wichtig. Auch schickte sich die Erde an, ihr uns heute bekanntes Gesicht vorzubereiten. Die Formation der Kreide dauerte etwa 70 Millionen Jahre. Der Uratlantik verbreiterte sich, wie schon angedeutet, auf Grund der Mechanismen der Plattentektonik. Das Gondwanaland zerfiel entgültig. In großen Zügen sind Südamerika, Afrika, Madagaskar, Indien in der heutigen Gestalt erkennbar. Die tertiären Gebirgsbildungen bereiten sich vor. Große Flächen des späteren Europa bis östlich des Bereichs, wo heute Moskau liegt, waren Meer. (Vergleiche die Karte der Verteilung der Kontinente zur Kreidezeit).



Verteilung der Kontinente während der Zeit Der Kreide.
(Abb.aus:JEANNEL 1979)

Die Urbeutler hatten eines der seltsamsten Lebewesen hervorgebracht, ein Tier das Eier legt, seine Jungen säugt, einen Entenschnabel und einen Säugetierpelz hat, das Schnabeltier, das als lebendes Fossil heute noch in Australien lebt. Ähnlich "seltsam" ist der Ameisenigel. Ob bei der Entwicklung dieser Tiere das Gondwanaland schon so weit zerbrochen war, daß Australien isoliert und eine weitere Ausbreitung dieser Tiere nicht mehr möglich war, oder ob sie in anderen Kontinenten von leistungsfähigeren späteren Säugetieren verdrängt und ausgerottet wurden, läßt sich nicht mehr feststellen. Auf jeden Fall konnten leistungsfähigere Säugervorstufen dem Schnabeltier und Co. auf Australien nichts mehr anhaben Es war bereits isoliert. Doch nun zu der für die Insekten äußerst wichtigen Revolution im Pflanzenreich. Sie sollte es ermöglichen, daß auch trockene Gebiete von den Pflanzen und in deren Folge auch von Tieren besiedelt werden konnte.

Pflanzen lernen die Vermehrung ohne Wasser

Aus dem Wasser kommend, waren die ursprünglichen Pflanzen, wie viele heute noch, bei der Fortpflanzung auf das Wasser angewiesen. Es war Voraussetzung für die Fortbewegung der begeißelten männlichen Fortpflanzungszellen, die darin zum weiblichen Organ schwimmen bzw. schwammen. Die Befruchtung geschah auf den sog. *Gametophyten*, der Pflanze die die weiblichen Fortpflanzungszellen hervorbringt. Nach der Befruchtung entstand eine neue Pflanze, der *Sporophyt*, die Pflanze die die Vermehrungsorgane trägt. In ihrem Bestreben, vom Wasser in der Fortpflanzung unabhängig zu werden, um so noch freie, aber trockenere Gebiete besiedeln zu können, entwickelten die Pflanzen, neben einer Verbesserung der Leitungssysteme, Pollen und Eizelle auf derselben Pflanze. Der geniale Trick dabei war die Schrumpfung des *Gametophyten* auf das Allerwinzigste. Einmal auf der Narbe, gelangen die Pollen mit einem Minimum an Flüssigkeit, die die weibliche Pflanze zur Verfügung stellt, direkt zu den Samenanlagen. Somit wurde dem Überträgermedium Wasser ein "Schnippchen" geschlagen. Die Pollen, eigentlich äußerst winzige, ganze Pflanzen, die "*Exgametophyten*", können nun, unabhängig vom Wasser, vom Medium Wind, der ja besonders in trockenen Gebieten immer vorhanden ist, selbst über weite Strecken

verfrachtet werden und ermöglichten es den Pflanzen, selbst bei weit auseinanderstehenden Individuen, Nachkommen hervorzubringen.

Just dieser Pollen ist aber für unsere Insekten ein weiterer, wenn nicht **d e r** Anstoß zu ihrer Entwicklung. Denn der Transport der Pollen kann durch den Wind, das Wasser oder aber eben auch durch die Insekten erfolgen. Natürlich wurden und werden die Pollen nicht der Pflanzen wegen übertragen, sondern die Insekten nehmen ihn als Nahrung. Kein Wunder, denn chemisch gesehen besteht er ja aus Eiweiß.

Die Insekten, die in der Kreidezeit ja schon sehr hoch entwickelt waren, wir hatten für das Perm schon die meisten uns heute bekannten Ordnungen festgestellt, war für die Pflanzen somit eine Gefahr geworden, andererseits aber auch zu einer Chance für die Fortpflanzung. Ausweg gab es in zwei Richtungen:

1. die Massenproduktion von Pollen, um Verluste auszugleichen.
2. Schaffung von Ersatznahrung statt der Pollen und diese räumlich so nahe an den pollenproduzierenden Organen zu plazieren, daß jene notgedrungenerweise mitgenommen werden mußten.

Beide Wege wurden beschritten. Der erste führte zu den Windbestäubern. Der zweite zum Zurverfügungstellen des sowieso für die eigene Ernährung gebildeten Traubenzuckers (denn nichts anderes ist ja der Nektar) als Ersatz für das Pollenfressen. Nunmehr war es für die Pflanze sinnvoll geworden, diese Nahrungsquelle optisch zu kennzeichnen, die Insekten also ganz gezielt zu dieser Quelle zu führen. Somit war die erste Blüte geboren!

Die Mehrzahl der Blütenpflanzen entstand in der Kreidezeit.

Sehr frühe Blütenpflanzen sind die Magnolien, die Hahnenfußgewächse sowie die sekundär wieder ins Wasser gegangenen Seerosen. Diese Blütenpflanzen sind Bedecktsamer. Für die Umwandlung des Nacktsamerprinzips zu dem der Bedecktsamer sind wahrscheinlich auch, zumindest zum Teil, die Insekten " verantwortlich " zu machen.

Nacktsamer (die keine insektenanlockenden Blüten haben) tragen ihre Sämlinge, sprich Embryonen, bis zum Aussähen in mehr oder weniger offenen Regalen; Prinzip eines Tannenzapfens. Da die Samen in den meisten Fällen mit Reservenernährung ausgestattet sind, um den Nachkommen den Start ins Leben zu erleichtern, stellen sie natürlich für Insekten eine nährstoffreiche Futterquelle dar. Die neben anderen auch diese ökologische Nische nutzenden Vertreter waren bereits seit dem Perm vorhanden: die Käfer mit ihren starken Mundwerkzeugen.

Die Folge war ein Entwicklungsdruck auf die Pflanzen, auf die Nacktsamer, die ihren Nachwuchs besser schützen mußten. Insekten griffen also zumindest zweimal in die Entwicklung der Pflanzen ein.

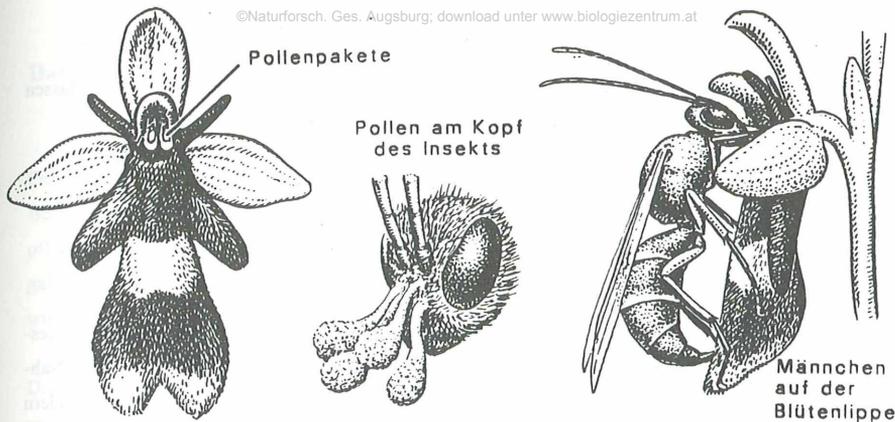
1. Entwicklung und Vervollkommnung der Blüte,
2. Immer bessere Verpackung der Samen.

Gegenseitige Entwicklungsanstöße

Zu welch phantastischen gegenseitigen Anpassungen dies führte, zeigt uns ein Blick auf Orchideenblüten und Steinfrüchte. Die meisten Bedecktsamer sind bei der Bestäubung auf Insekten angewiesen. Gerade deshalb vollzog sich die Entwicklung der Blüte und die der blütenbesuchenden Insekten so rasant. Farben, Muster, Düfte, Leitzeichen machten Blüten immer attraktiver. Blüte und Insekt bedingten sich also in ihrer Entwicklung. Immer mehr Arten von ehemals nur nachts fliegenden Schmetterlingen verlegten sich nunmehr auf den Blütenbesuch bei Tage, auf den dargebotenen, energiereichen süßen, flüssigen Nektar. Ende Kreidezeit trat er nun wahrscheinlich schon auf, auch wenn wir noch kein Fossil davon kennen, sondern erst vom darauffolgenden Tertiär: der erste Tagfalter.

Nun war das Saugrohr, der bekannte Schmetterlingsrüssel für die Nahrungsaufnahme gefragt. Nicht alle damals vorhandenen Falter hatten sich jedoch dazu "verleiten" lassen, diese Neuerung mitzumachen. Die *Micropterygidae* z. B. haben ihre kauenden Mundwerkzeuge beibehalten und machen sich damit nach wie vor über den Pollen her, wie das auch, trotz Rüssel, verschiedene Arten von *Heliconius* und *Parides* tun. Entwicklungsherd war möglicherweise Angaria, das heutige Asien. Auch die Verbreitung scheint von dort ausgegangen zu sein, und zwar mit besonders kräftigen Arten, in ihrer Gestalt noch den Nachtfaltern ähnlich.

Manche Pflanzenarten wurden in ihrer Verbreitung geradezu von einer bestimmten Art von Insekten, was den Pollentransport angeht, abhängig. Ein einheimisches Beispiel dazu ist die Fliegenragwurz. Diese Orchidee lockt nicht mit Nektar, sondern mit einer für das schlecht sehende Männchen einer ganz bestimmten Wespenart täuschend aussehenden Weibchenattrappe. Und dies nicht nur dem äußeren Anschein nach, sondern auch noch zuzüglich der Lage der den Begattungsreiz auslösenden Teile. Zu allem "Überfluß" produziert die Pflanze auch noch einen dem Sexuallockstoff des Weibchens ähnlichen Duft. Das Männchen versucht die Pflanzenblüte zu begatten, bekommt dabei das Pollinienpaket auf die Stirn geklebt, um dieses bei der nächsten Blüte beim nächsten Versuch abliefern zu dürfen.



Die bei uns heimische Fliegenragwurz *Ophrys insectifera* ahmt ein Wespenweibchen so gut nach, daß sie damit das Männchen täuscht und zur Pollenübertragung einspannt. (Abb. aus: WICKLER 1968)

Die Rolle der "Befruchter": Gefressenwerden

Die Abhängigkeit von auf Insektenbestäubung angewiesenen Pflanzen von ihren Befruchtungshelfern war am Ende der Kreidezeit Voraussetzung zur Entstehung der tropischen Regenwälder, so wie wir sie heute kennen, mit dem Kennzeichen ihrer ungeheueren Artenvielfalt, selbst auf relativ kleinem Raume. Dabei ist es unumgänglich, daß Individuen gleicher Artzugehörigkeit oft sehr weit, nach Auskunft von Forstleuten, manchmal kilometerweit auseinanderstehen. Diese große Distanz schließt jedoch eine Windbestäubung, um deretwillen die Nadelhölzer, Gräser und viele Laubbäume artenarme, geschlossene Bestände bilden, aus. Nur gezielt, über weite Strecken fliegende Insekten können unter den Umständen im Regenwald eine Befruchtung und damit ein Überleben einzelner Arten garantieren. Ohne Insekten hätte es also keinen Regenwald gegeben. Dabei spielte es nun keine Rolle mehr, daß sich die meisten Insekten nicht mehr als Saprofagen, sondern nun von diesen grünen lebenden Pflanzen ernähren, die ihre Existenz ihnen zumindest mitverdanken.

Bei dieser üppigen Nahrungsgrundlage mußte ihre Individuenzahl und, bei dem enormen Angebot an ökologischen Nischen, auch ihre Artenzahl zunehmen, zumal diese in der Mehrzahl nicht Brutpflegenden Gliedertiere von Haus aus dazu neigten, durch zahlreiche Nachkommenschaft große Verluste mit einzukalkulieren. Gerade die großen Massen von Insekten, ein Schmetterlingsweibchen legt im Schnitt 200 Eier, von denen ruhig über 90 % in irgendwelchen Entwicklungsstadien natürlichen Feinden zum Opfer fallen dürfen, weisen im Naturhaushalt auf eine weitere wichtige Rolle der Insekten hin: sie sind nämlich

d i e Beutetiere schlechthin! Sie sind in dieser Beziehung vergleichbar mit den ebenfalls in Massen vorkommenden Mäusen und Fröschen, nur auf etwas niedrigerer Ebene der Nahrungspyramide.

Insekten als "Energieüberträger"

Was aber bedeutet dies energieökologisch für die Entwicklung? Vögel entwickelten sich aus insektenfressenden kleinen Reptilien. Die Körper ihrer Beute bestehen aus Eiweiß, das die Insekten aus ihrer Nahrung, der Pflanze beziehen. Deren Photosynthesetätigkeit wiederum bietet nicht nur die stoffliche, sondern auch die energetische Grundlage, da die Pflanzen es sind, die seit Millionen von Jahren die Sonnenenergie einfangen und umwandeln. Damit wird uns nun die weitere Hauptrolle der Insekten klar. Sie sind als eiweißreiches Futter Energieüberträger für nichtpflanzenfressende Lebewesen.

Nicht umsonst fliegen unsere Zugvögel aus den an und für sich insektenreichen Tropen in den Norden und ziehen dort ihre Jungen auf, weil hier, jahreszeitlich zusammengedrängt, in einem kurzen Zeitabschnitt mehr Insektenfutter geboten wird.

Fassen wir zusammen: Ohne Insekten gäbe es keinen tropischen Regenwald. Insekten waren die Voraussetzung für die rasante Entwicklung der Vögel. Fleisch- und Körnerfresser kamen erst später.

Ohne Insekten, keine Herrentiere

Die Geschichte der Primaten, der Herrentiere, zu denen außer den Menschenaffen auch wir Menschen gehören, begann im tropischen Regenwald und hatte diesen für lange Zeit während des Tertiärs zum Schauplatz. Die Vorläufer dieser Hominiden kamen aus diesem Waldtypus, bevor sie lernten aufrecht zu gehen. Logischerweise können wir schließen, daß es ohne Regenwald keine Primatenentwicklung gegeben hätte; ohne Insekten keinen Regenwald.

Soviel als vorweggenommene Schlußfolgerung und Zwischenbilanz.

Gegen Ende der Kreidezeit starben die Riesenechsen aus, im Meer verschwanden die Ammoniten und die Belemniten, aus welchen Gründen auch immer. Es gab die Nacktsamer, die Bedecktsamer, die Blütenpflanzen, den tropischen Regenwald und Pflanzen, die sich praktisch jeden Standort "leisten" konnten. Es gab die ersten Säuger, die ihre Lebensgrundlage in der nächtlichen Jagd auf Insekten fanden. Damit sind wir am Ende des zweiten großen Zeitabschnitts der Erdgeschichte, des Sekundärs, angekommen.

Die Entstehungsgeschichte des Menschen beginnt zu der Zeit, als die Entwicklung aller Insektenordnungen, so wie wir sie heute kennen, von der Eintagsfliege, bis zum Floh zum Abschluß gekommen war.

Das Tertiär gab der Erde ihr heutiges Aussehen. Die alpine Faltung erreichte ihren Höhepunkt. Indien fuhr, von Madagaskar und Afrika losgelöst, nach seiner Reise durch den Indischen Ozean, auf Angara auf. Der Himalaya, die Alpen, die Anden falteten sich.

Vor etwa 50 Millionen Jahren war in Europa und Nordamerika ein Wärmeoptimum, so daß hier üppiger Tropenwald herrschte. In Grönland und Spitzbergen wuchsen Feigen und Magnolien, die Vorfahren der heutigen Pferde, Elefanten und auch die Vorläufer des gemeinsamen Bindegliedes von Mensch und Tier, der *Dryopithecus* erschien auf der Bühne des Lebens.

Die Bernsteininsekten

Über die Insektenfauna des auf die Kreide folgenden Tertiärs wissen wir im Gegensatz zu anderen früheren Epochen verhältnismäßig gut Bescheid. Im oberen Eocän, dem ersten Abschnitt des Tertiär, vor etwa 45 Millionen Jahren, gediehen im nördlichen Europa ausgedehnte Kiefernwälder. Am bei Verletzungen reichlich fließenden Harz blieben Insekten kleben. Auch anderes Kleingetier wurde so Tropfen für Tropfen wie in Kunstharz eingebettet. Das Harz verhärtete sich, brach ab und wurde in die Ostsee gespült. Die eingeschlossenen Tiere sind bis auf jede Einzelheit so genau konserviert, daß man manche bis zur Art bestimmen konnte. Schmetterlingseinschlüsse sind äußerst selten, wie überhaupt fossile Lepidopteren selten zu finden sind.

In den eocänen Ablagerungen der sog. Green River Formation in Wyoming, USA, sind bis heute etliche relativ gut erhaltene Falter geborgen worden, so auch der abgebildete *Praepapilio*. Aus dem Miocän Italiens gibt es eine Versteinerung, an der sich sogar noch die Flügelzeichnung erahnen läßt. Sie ähnelt der

heutigen Papiliogattung *Luehdorfia*. Daß es sich bei dieser Gattung um phylogenetisch alte Schmetterlinge handelt, zeigt schon das Vorhandensein einer Begattungstasche beim Weibchen, einer sog. *Sphragis* die einige altertümliche Gruppen heute noch tragen. Es stellt ein Eiweißgebilde dar, das das Männchen bei der Begattung absondert. Wir finden sie auch bei den Parnassiern unserer Heimat.



Oben: *Dirittis bosniaskii* REBEL, Papilionide aus dem Oberen Miozän Italiens. Museum Wien. (Abb. aus: JEANNEL 1979.)

Links: Urschmetterling *Praepapilio gracilis*, 7 cm Spannweite aus dem Eozän Wyomings. (Abb. aus: SIBER 1982)

Die im Tertiär aufblühenden Säuger waren ursprünglich kleine, rattengroße Insektenfresser, die während des Erdmittelalters ein "Schattendasein" geführt hatten. Sie fanden ihre Lebensgrundlage, wie auch die kleinen Reptilien, und erst recht die aus ihnen entstandenen Vögel, in dem Myriadenheer der Insekten.

Säuger und Vögel sind Warmblütler. Um den inneren Ofen am Brennen zu halten, sind riesige Energiemengen nötig, oder besonders konzentrierte, energiereiche Nahrung. Eine solche Nahrungsgrundlage aber waren und sind die Insekten. Einmal auf diesem Energieniveau angelangt, konnten die Insektenfresser zu sekundären Energiequellen übergehen, wie Fleisch, Nektar, Früchte usw. Somit waren die Kerbtiere die Basis zur Weiterentwicklung von Vögeln und Säugern. Sie waren die Voraussetzung zur Entstehung der tropischen Regenwälder, dem Entwicklungsort unserer Vorfahren. Wir sollten daran denken, wenn wir versucht sind, ökologische Fragen leichtfertig zu beantworten.

Wozu ist nun ein nütze?

Im Versuch einer Gesamtschau erscheint uns unsere Ausgangsfrage, wozu eine einzelne Art denn gut sein soll, doch ziemlich engstirnig. Wenn wir Naturschutzfragen diskutieren, Arten einzeln glauben schützen zu müssen ohne den Lebensraum in Betracht zu ziehen, sollten wir doch bedenken, daß das Gros der Insekten, gleichgültig, worum es sich nun handelt, geboren wurde um gefressen zu werden.

Insekten sind, um es zusammenfassend zu wiederholen, an unterer Stelle der Nahrungspyramide und stellen die Ernährungsbasis für ungeheuer viele Nichtpflanzenfresser dar. Als primäre Pflanzenvertilger geben sie durch die Tatsache, daß sie gefressen werden, die durch die Photosynthesetätigkeit der Pflanze gespeicherte Energie in anderer Form weiter. Somit sind sie ein wichtiges Bindeglied. In den verschiedenen Stufen ihrer Stammesentwicklung beeinflussen sie als wesentlicher Faktor die Entwicklung der Blüten, der Bedecktsamer, der Reptilien, der Vögel, des Regenwaldes, der Säuger und damit indirekt des Menschen.

Aus all dem Gesagten ist meines Erachtens durchaus das Recht des Menschen abzuleiten, Entnahmen an dieser unteren Stufe der Nahrungspyramide zu machen. Dies geschieht ja auch bei der Ernährung des Menschen, ob pflanzlich oder tierisch. Es geschieht eigentlich überall, wo der Mensch wirtschaftet. Ob diese Entnahmen nun zu Nahrungszwecken, zu wissenschaftlichen Zwecken oder zu seiner seelischen Erbauung dienen, ist sekundär. Es ist doch sinnlos der Jugend das Sammeln von Insekten zu verbieten, wo doch gerade hierbei das naturwissenschaftliche Interesse oft erst geweckt wird, was ja auch bei Darwin der Fall war. Die jetzige Situation eignet sich gut dazu, zur Verantwortung gegenüber aller Kreatur zu erziehen. Eine Stechmücke hat im Prinzip denselben Stellenwert, wie ein Schwalbenschwanz! Wer mit dem Gesetz oder dem ausgestreckten Finger auf einen interessierten Sammler losgeht, beweist eigentlich nur mangelnden Tiefblick. Seien wir doch glücklich, als einziges Lebewesen der Erde einen kleinen Einblick in die Entwicklungsgeschichte und in die mit ihr verquickte Ökologie werfen zu dürfen. Über uns selbst und über diese Probleme nachdenken zu können, ist das, was uns zum Menschen macht, nicht unser Aussehen.

Literatur:

- BÖLSCHKE, W. (1916) Stammbaum der Insekten. KosmosVerlag Stuttgart.
- BÖLSCHKE, W. (1931) Das Leben der Urwelt. Fackelträger Verlag, Hannover.
- BROHMER, H. (1969) Fauna von Deutschland, Heidelberg.
- CHALONER, W.G., MACDONALD, P. (1980) Plants Invade the Land. Royal Scottish Museum, Edinburgh
- HENNIG, (1969) Die Stammesgeschichte der Insekten. Kramer Verlag, Frankfurt.
- HERING, M. (1940) Lepidopterologisches Wörterbuch. Kernen Verlag, Stuttgart.
- JAKOBS, W. RENNER, M. (1988) Biologie und Ökologie der Insekten. Taschenlexikon, Fischer Verlag Stuttgart.
- JEANNEL, P. (1979) Paléontologie et peuplement de la terre. Tome II: L'Atlas d'Entomologie. Verlag Boubée, Paris.
- KAESTNER, A. (1954/55) Lehrbuch der speziellen Zoologie, Teil I Wirbellose, Jena

- KLOTS, B. & E.B. (1959) *Knaurs-Tierreich in Farben, Insekten*. Droemer-Knaur Verlag.
- KRUMBIEGEL, G. & B. (1981) *Fossilien der Erdgeschichte*, Stuttgart
- MALZ, H. & SCHRÖDER, H. (1979) *Fossile Libellen biologisch betrachtet*. Kl.Senckenbergreihe 9, Frankfurt/Main
- MOORE, R. (1969) *L' Evolution*. Time Life Inc.
- READER J. (1987) *Wunder der Schöpfung*. Interbook Verlag. Hamburg
- ROMER, A.S. (1970) *Entwicklungsgeschichte der Tiere*. Die Enzyklopädie der Natur, Band 2, Lausanne
- RUGGIERI, G. PANINI, P. (1987) *Geheimnisse der Urzeit*, Weltbildverlag Augsburg.
- SBORDONI, F. (1985) *Weltenzyklopedie der Schmetterlinge*. Südwest Verlag München.
- SCHWEITZER, H.J. (1990) *Pflanzen erobern das Land*, Kleine Senckenbergreihe 18, Frankfurt/Main
- SIBER, H.J. (1982) *Green River Fossilien*, Achthal
- SMART, P. (1975) *The Illustrated Encyclopedia of the Butterfly World*, Quality Books Illinois USA.
- THENIUS, E. (1972) *Meere und Länder im Wechsel der Zeiten*. Reihe Verständliche Wissenschaft, Springer Verlag, Berlin.
- WAHLERT, G.v. (1975) *Evolution durch Jahrmillionen, Überleben durch Anpassung*. Bild der Wissenschaft (1975) Heft 8
- WEBER, H. (1966) *Grundriß der Insektenkunde*, Stuttgart
- WICKLER, W. (1968) *Mimikry*, München
- Pers.Gespr. mit Herrn Dr.Heinz FISCHER, Nat.Forsch.Gesellsch.Augsburg.

Verfasser: Kurt Rumbucher
Daucherstr. 16
86156 Augsburg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht der Naturforschenden Gesellschaft Augsburg](#)

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [054_1993](#)

Autor(en)/Author(s): Rumbucher Kurt

Artikel/Article: [Entwicklungsgeschichte der Insekten. 50-76](#)