

# Genetische Aspekte der Makroevolution

Autor(en): **Sperlich, Diether**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **81 (1988)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-166212>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Genetische Aspekte der Makroevolution

Von DIETHER SPERLICH<sup>1)</sup>

## Einleitung

Während die klassische Evolutionsgenetik alle makroevolutiven Veränderungen auf die Summation gradueller, mikroevolutiver Prozesse zurückführt, neigen besonders manche Paläontologen dazu, bezüglich der Makroevolution nach einem besonderen Evolutionsmechanismus zu suchen (SCHINDEWOLF 1943; GOULD 1980). Durch die rasante Entwicklung besonders der molekularen Genetik haben sich jedoch einige Aspekte ergeben, die zu einer Lösung der Problematik beitragen könnten.

In der klassischen Genetik werden die Mutationen in die drei sehr verschiedenen Gruppen der Genmutationen, Chromosomenmutationen und Genommutationen eingeteilt (s. Tabelle). Alle drei Arten der Mutationen können das Rohmaterial zu jenen grösseren evolutiven Veränderungen geliefert haben, die man in der klassischen Evolutionsbiologie als makroevolutiv bezeichnen könnte. Da der organismische Effekt von Mutationen nicht immer streng korreliert mit dem Ausmass an Veränderungen im molekularen Bereich sein muss, können molekulare und organismische Evolution zeitweilig mit unterschiedlicher Geschwindigkeit verlaufen. Ebenso können die Mechanismen der Evolution auf molekularer Ebene andere sein als auf organismischer. Wir wollen daher hier die verschiedenen Mutationsarten kurz in Hinsicht auf diese Problematik betrachten (Übersicht siehe Tabelle).

Tabelle: *Einteilung der Mutationen.*

---

1. Genmutationen	
a: Basensubstitutionen	in Strukturgenen in Regulationsgenen
b: Deletionen und Duplikationen	in Strukturgenen in Regulationsgenen
c: Genverdoppelung	
d: Domänen-Umkombination	
e: Transponierbare Elemente	
2. Chromosomenmutationen	
a: Deletionen, Duplikationen, Inversionen	
b: Translokationen (besonders zentrale Fusionen)	
c: Amplifikationen	
3. Genommutationen	

---

<sup>1)</sup> Universität Tübingen, Fakultät Biologie, Lehrstuhl Populationsgenetik, D-7400 Tübingen.

## 1. Genmutationen

### *1a und 1b: Basensubstitutionen, Deletionen und Duplikationen*

Bei Strukturgenen, die für Proteine codieren, finden wir, dass die meisten Mutationen nachteilig sind, nur ein kleiner Teil (vielleicht 5% aller Mutationen) zu selektiv neutralen Veränderungen führen und nur äusserst selten adaptive Mutationen auftreten. Die hohe beobachtbare genetische Variabilität der Populationen auf molekularer Ebene (s. SPERLICH 1988) beruht fast ausschliesslich auf neutralen Mutationen (KIMURA 1987). Zur Evolution der höheren Organismen tragen diese Mutationen vermutlich nur wenig bei. In den sehr frühen Phasen der Evolution waren sie jedoch wichtig.

Anders liegen die Verhältnisse für die Regulationsgene, besonders für solche, die die frühe Embryonalentwicklung steuern. Neue Ergebnisse liegen hier zum Beispiel für *Drosophila* vor (GEHRING 1985; AKAM 1987). Oft können ganz geringe Veränderungen in der Basenfolge der DNA zu starken morphologischen Veränderungen führen. Mutationen in Segmentierungs- und/oder Gap-Genen können die Segmentspezifität verändern oder zum Ausfall einzelner oder mehrerer Segmente führen. Manche dieser informations-tragenden DNA-Sequenzen finden sich im Genom aller segmentierten Tiere vom Anneliden bis zum Menschen wieder (z. B. die «Homeoboxen» der sogenannten homeotischen Gene von *Drosophila*). Es wäre denkbar, dass solche Entwicklungsmutationen in einzelnen Fällen in der Evolution eine Rolle gespielt und das Rohmaterial für grosse organis-mische Veränderungen geliefert haben (ohne im Sinne von SCHINDEWOLF Grossmutationen darzustellen). Sie schaffen durch die Verlagerung von Segmentspezifitäten und -grenzen nichts prinzipiell Neues, sondern verwerten bereits fertige Programmteile für neue Kombinationen. Sie lassen sich in ihren Effekten hierarchisch ordnen (MEINHARDT 1986; JÄCKLE et al. 1986), ohne jedoch dem geforderten hierarchischen System der evolutiven Systemtheorie (RIEDL 1975) zu entsprechen.

### *1c: Genverdoppelung*

Viele Gene treten im Genom als Genfamilien auf. Sie zeigen, auf molekularer Ebene untereinander mehr oder weniger deutliche Ähnlichkeiten. Ihre Entstehung kann durch zunächst spontane mutative Genverdoppelung und nachfolgende Divergenzevolution durch Basensubstitutionen erklärt werden. Ein sehr gutes und bis ins Detail analysiertes Beispiel stellen die Globin-Gene des Hämoglobins der Vertebraten dar (s. DICKERSON & GEIS 1983). Auch hier werden in der Evolution vorhandene, komplexe Informationen als Fertigteile verwendet und abgewandelt.

### *1d: Domänen-Umkombination*

Die Information in den Genen der Eukaryonten liegt im allgemeinen nicht in einer kontinuierlichen Sequenz vor, sondern sie wird meist mehrfach durch informationslose «Introns» unterbrochen. Die Introns teilen die Gene in Domänen, die in der Evolution vielfach umkombiniert worden sind, so dass eine Reihe funktionell sehr unterschiedlicher Gene partielle Ähnlichkeiten erkennen lassen (DOOLITTLE 1985).

*1e: Transponierbare Elemente*

Beim Mais, der Hefe, bei verschiedenen Säugern und vor allem bei *Drosophila* hat man DNA-Sequenzen gefunden, die im Genom herumspringen und sich dort auch vermehren können. Zum Teil gehen diese transponierbaren Sequenzen auf Retroviren zurück. Man kann sich vorstellen, dass solche springenden Sequenzen in der Evolution als mutationsauslösende Faktoren, als Isolationsfaktoren, aber eventuell auch bei einem horizontalen Gentransfer, vielleicht sogar zwischen evolutiv weit voneinander entfernten Organismen, wirksam gewesen sein könnten (s. HESS 1986; SHAPIRO 1983).

**2. Chromosomenmutationen***2a und 2b: Deletionen, Duplikationen, Inversionen und Translokationen*

Bei den Chromosomenmutationen sind besonders die Inversionen und die Robertsonschen Translokationen evolutiv bedeutsam. Bezüglich der Inversionen bestehen zumindest bei vielen Insekten intraspezifische Polymorphismen. Da die invertierten Chromosomenregionen mit nicht-invertierten Regionen keinen Genaustausch haben, bilden sich adaptive Genblöcke heraus, die als Fertigteile in der Evolution verwendet werden können (SPERLICH 1988). Robertsonsche Translokationen (= zentrische Fusionen) hingegen scheinen vor allem als Isolationsfaktoren bei der Artbildung eine Rolle zu spielen. Ganz allgemein besteht zwischen dem Ausmass an evolutiven Chromosomenumbauten und dem Mass an morphologischen Abwandlungen eine positive Korrelation, was zum Beispiel für Basensubstitutionen in der DNA (siehe 1a und 1b) nicht der Fall ist (WILSON 1976).

*2e: Amplifikationen*

Genamplifikationen, d. h. die Vermehrung spezifischer Gensequenzen durch aufeinanderfolgende Verdoppelungsschritte, treten funktionell in bestimmten Zelllinien temporär auf. Sie können aber auch durch Ausseneinflüsse (z. B. Methotrexat löst Amplifikation des Dehydrofolat-Reduktase-Gens aus) induziert werden. Dieser Mechanismus stellt eine direkte, adaptive Reaktion des Genoms auf die Umwelt dar und lässt damit im molekularen Bereich eine Art von lamarckistischen Mechanismen erkennen.

**3. Genommutationen**

Polyploidisierungen treten in der Evolution der Pflanzen häufig auf; sie bewirken aber meist keine makroevolutiven Veränderungen. Bei Tieren sind Polyploidisierungen auf parthenogenetische oder asexuell fortpflanzende Gruppen beschränkt. Allerdings dürften bei der Entstehung der Wirbeltiere aus den Urchordaten und der Amphibien aus den Crossopterygiern zusammen mit den makroevolutiven Sprüngen Polyploidisierungen stattgefunden haben (OHNO 1970).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch den Einbezug molekulargenetischer Erkenntnisse auch für die Erklärung der organismischen Evolution Mechanismen sichtbar werden, deren Berücksichtigung zu einem besseren Verständnis der Evolutionsprozesse beitragen. Es wird auch klar, dass die Evolution bei höherer Komplexität auf der Informationsebene vielfach mit Umkombination und Abwandlung von fertigen Teilprogrammen arbeitet und nicht jedesmal neue Informationsinhalte neu entstehen müssen.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- AKAM, M. (1987): The molecular basis for metameric pattern in the *Drosophila* embryo. – *Development* 101, 1–22.
- DICKERSON, R. E., & GEIS, I. (1983): Hemoglobin. – Benjamin Publ. Comp., Menlo Park, California.
- DOOLITTLE, R. F. (1985): Proteine. – *Spektrum der Wissenschaft* 12 (85), 78–88.
- GEHRING, W. J. (1985): Die molekulare Grundlage der Entwicklung. – *Spektrum der Wissenschaft* 12 (85), 148–159.
- GOULD, S. J. (1980): Is a new and general theory of evolution emerging? – *Paleobiology* 6, 119–130.
- HESS, O. (1986): Das P-Element. Ein potenter Vektor für den Gentransfer bei *Drosophila*. – *BioEngineering* 2 (86), 12–24.
- JÄCKLE, H., TAUTZ, D., SCHUH, R., SEIFERT, E., & LEHMANN, R. (1986): Cross-regulatory interactions among the gap genes of *Drosophila*. – *Nature* 324, 668–670.
- KIMURA, M. (1987): Die Neutralitätstheorie der molekularen Evolution. – Parey, Hamburg.
- MAINHARDT, H. (1986): Hierarchical induction of cell states: A model for segmentation in *Drosophila*. – *J. Cell. Sci. Suppl.* 4, 357–381.
- OHNO, S. (1970): Evolution by gene duplication. – Springer-Verlag, Berlin.
- RIEDL, R. (1975): Die Ordnung des Lebendigen. – Parey, Hamburg.
- SCHINDEWOLF, O. (1943): Zur Frage der sprunghaften Entwicklung. – *Der Biologe* 12, 238–247.
- SHAPIRO, J. A. (Ed.) (1983): Movable genetic elements. – New York.
- SPERLICH, D. (1988): Populationsgenetik. – G. Fischer, Stuttgart.
- WILSON, A. C. (1976): Gene regulation in evolution. In: AYALA, F. (Ed.): *Molecular Evolution* (S. 225–236). – Sinauer Ass., Sunderland (Mass.).

Manuskript erhalten und angenommen am 24. August 1988