

## Gene werden ein- und ausgeschaltet

Die **Entwicklung vielzelliger Organismen** ist an die **Differenzierung von Zellen** gebunden. Geht man von der Annahme einer **genetischen Übereinstimmung aller Zellen eines Organismus** aus, müssen nur die **Gene in den verschiedenen Zelltypen aktiviert** werden, welche die **besonderen Eigenschaften der Zelle** bestimmen, alle **übrigen Gene aber blockiert und untätig** sein. Im Laufe der Entwicklung treten demnach die entsprechenden Gene zeitlich nacheinander und in entwicklungsgerechter Reihenfolge in Aktion.

- In jeder Zelle muss die **Aktivität der Gene ständig reguliert** werden, um **unnötigen Energieaufwand** und **überflüssige Synthesen zu verhindern**. Verschiedene **Regulationsmechanismen** sorgen dafür, dass nur diejenigen **Gene exprimiert** werden, deren **Produkte von der Zelle** benötigt werden.
- Alle **Körperzellen** haben zwar den **kompletten Satz der Gene**, davon sind aber nur etwa **10 % angeschaltet**. Nur nach den **Anweisungen dieser aktiven Gene** stellt die Zelle **Proteine** her, die dann die notwendigen Aufgaben im Organismus erfüllen.

Die Grundlagen der heutigen Vorstellungen über die Regulierung der Genaktivität gehen auf **Untersuchungen an Bakterien** zurück. Das Modell stammt von zwei Franzosen, dem Mediziner **Francois Jacob** (geb. 1920) und **Jacques Monod** (1910 – 1976).

### Das Prinzip des Jacob-Monod-Modells

- Strukturgene veranlassen über **Transkription** und **Translation** die **Bildung von Polypeptiden**, die als **Bestandteile von Enzymen und Strukturproteinen** für die **Merkmalsbildung** von Bedeutung sind.
- **Operatorgene** steuern die **Aktivität der Strukturgene**. Sie stehen mit den jeweils zugeordneten Strukturgenen in räumlichem Kontakt. Oft stehen **ganze Gruppen von Strukturgenen** unter dem **Einfluss eines Operatorgens**. Das **Operatorgen** besteht aus **zwei Teilbereichen**: Der Operator ist die **Repressoranlegestelle**. Der Repressor muss genau wie der Schlüssel ins Schloss passen. Der **Promotor** ist die Ansatzstelle für die RNA-Polymerase. Die **Einheit von Operatorgen und Strukturgenen**, die gemeinsam reguliert werden, bezeichnet man als **Operon**.
- **Regulatorgene** steuern die **Aktivität der Operatorgene** und somit die entsprechenden **Operons**. Das Regulatorgen muss nicht in räumlichem Kontakt mit dem Operatorgen stehen.
- Als Mittler fungieren die **Repressoren**, die im aktiven Zustand das **Operatorgen** und damit indirekt auch die angeschlossenen Strukturgene **unterdrücken**.
- Der **Aktivitätszustand der Repressoren** wird wiederum von bestimmten Substanzen, den Effektoren, gesteuert.

Je nach **Art der Effektoren** unterscheidet man **zwei Möglichkeiten der Regulation**:

- **Induktion**: Die Effektoren sind die Substrate eines der Enzyme, die von dem betreffenden Operon codiert werden.
- **Endproduktrepression**: Das Endprodukt, das durch die Zusammenarbeit der vom betreffenden Operon codierten Enzyme entsteht, wirkt als Effektor. Dabei lagert sich das Endprodukt (Corepressor) an den Repressor an, wodurch dieser aktiviert wird.

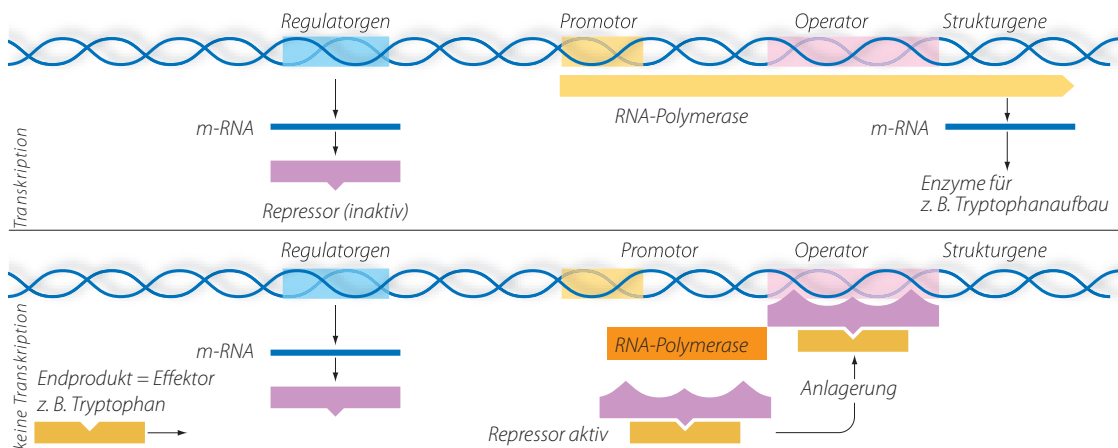


Abb. 1: Endproduktrepression am Beispiel des Tryptophan-Operons

## Riesenchromosomen machen die Genexpression sichtbar

Als Beweis für die **differentielle Genaktivität** gelten Beobachtungen an Riesenchromosomen mancher Insekten (z. B. Drosophila).

- **Riesenchromosomen** entstehen durch mehrere aufeinanderfolgende Replikationen der DNA ohne Trennung der Chromatiden und ohne Teilung der Zelle, wobei nicht alle Abschnitte des Chromosoms an den Replikationszyklen teilnehmen.
- Riesenchromosomen zeigen **charakteristische Bandenmuster** (hell/dunkel). Sie entstehen durch eine unterschiedliche Packung des genetischen Materials. Die **dunklen Banden** sind **dichter gepackt** als die hellen Bereiche (Zwischenbanden).
- In den Zwischenbanden lassen sich **aufgeblähte Abschnitte (Puffs)** beobachten.
- Mithilfe bestimmter Färbetechniken ließ sich nachweisen, dass sich in den Puffabschnitten RNA befindet. Diese Puffs werden daher als Zeichen für Transkription gewertet. Je nach Gewebe finden sich die Puffs in anderen Regionen, weil andere Gewebe andere Proteine benötigen.
- Puffs entsprechen offensichtlich **aktiv gewordenen Genen** bzw. **Gengruppen**.
- Die **Puffmuster eines Chromosoms** sind die **äußeren Anzeichen der Genexpression**.

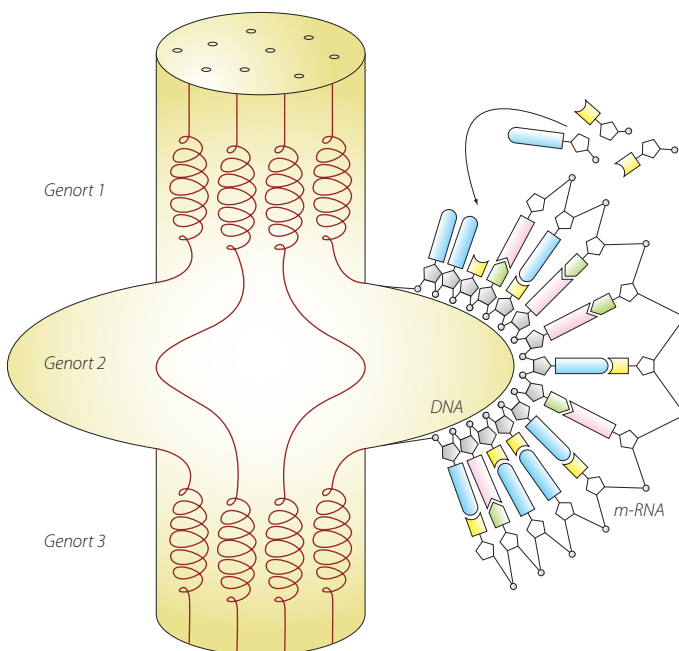


Abb. 1: Puff an einem Riesenchromosom (Schema), Aktivität am Genort 2