Materialliste

Diesem Beitrag angefügt sind folgende Materialien beigefügt:

1. Informationstexte und Arbeitsaufträge zu den Themen *Substratinduktion* und *Endproduktrepression*
2. Beispiel einer Feedback-Rubrik, die zur Auswertung der Animationen genutzt werden kann
3. Bilddateien einzelner Bestandteile der *lac*- und *trp*-Operon-Modelle, die den S\* für ihre Animation zur Verfügung gestellt werden
4. Folien mit schematischen Abbildungen:
   1. Lösungsvorschläge für die Aufgaben 1d (werden zur Selbstüberprüfung oder als Hilfskarten z.B. über einen QR-Code zur Verfügung gestellt)
   2. vollständige Schemata der Operon-Modelle als optionale Hilfe bei Verständnisschwierigkeiten
   3. einzelne Bestandteile der Operon-Modelle zur individuellen Anpassung (werden als Bilder mit Transparenz exportiert)
5. Beispiel für die Animation der Substratinduktion mit dem *WickEditor*

Arbeitsblatt A – Substratinduktion

Genregulation bei E.coli – das Operon-Modell zur Substratinduktion

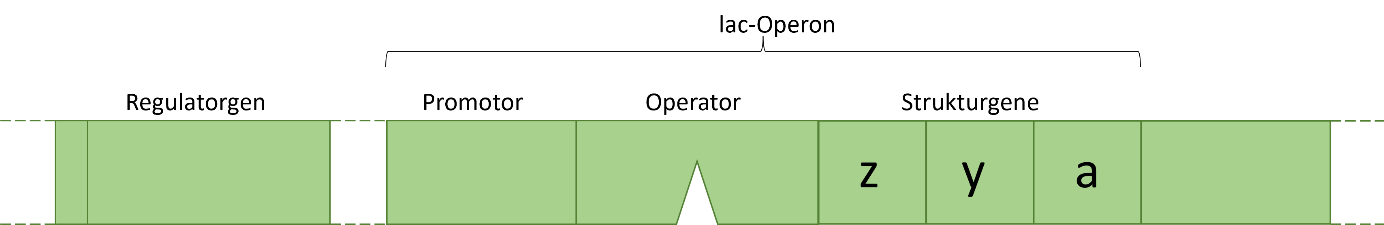
Das Bakterium E.coli nutzt bevorzugt Glukose als Nahrungsquelle. Wenn keine oder wenig Glukose vorhanden ist, kann es auch andere Zuckerarten, wie z.B. Lactose, verwerten. Für die Verdauung von Lactose werden zwei Enzyme und ein Transportprotein benötigt. Im Genom von Bakterien sind die verschiedenen Proteine, die für einen Stoffwechselprozess benötigt werden, häufig hintereinanderliegend in einem Block, dem **Operon**, kodiert.

Ein Operon besteht aus einem **Promotor**, einem oder mehreren **Operatoren** und den **Strukturgenen**. Die drei Proteine zur Verdauung von Lactose sind bei E.coli im *lac*-Operon als Strukturgene kodiert. Vor diesen Strukturgenen liegt eine Gensequenz, die als Bindungsort für das Transkriptionsenzym RNA-Polymerase dient, der Promotor. Die dazwischenliegenden drei Sequenzen, die Operatoren, sind Bindungsstellen für sogenannte **Regulatorproteine**, welche die Expression der Strukturgene aktivieren oder blockieren können. Die Regulatorproteine sind an anderer Stelle im bakteriellen Genom als **Regulatorgene** kodiert.

Solange ausreichend Glukose im Umgebungsmedium von E.coli vorhanden ist, werden keine Proteine zur Verdauung von Lactose benötigt. Um Energie zu sparen, wird die Transkription der Gene blockiert. Dies erfolgt durch einen **aktiven Repressor**, ein Regulatorprotein, das aufgrund seiner Struktur an einen der Operatoren des *lac*-Operon bindet und so die RNA-Polymerase blockiert. Diese Steuerung der Transkription über einen Repressor ist ein Beispiel für die **negative Genregulation**.

Wenn im Umgebungsmedium von E.coli keine Glukose, aber Lactose als **Substrat** vorhanden ist, bindet diese an den aktiven Repressor und verändert dessen Struktur. Der nun **inaktive Repressor** kann nicht mehr an den Operator binden und löst sich. Folglich wird die Synthese der Proteine zur Verdauung von Lactose initiiert. Dieser Typ der negativen Genregulation wird **Substratinduktion** genannt.

Text abgeändert aus “Prokaryotic Gene Regulation” von *Rice University*, oercommons.org/courseware/lesson/15015, CC-BY-NC-SA-4.0 (creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Icon CC BY SA

**Abb. 1:** Schematischer Aufbau des *lac*-Operon (gestrichelte Linien zeigen beliebigen Abstand zwischen DNA-Abschnitten).

**Erarbeitungsschritte**

Aufgabe 1

1. **Definieren** Sie die folgenden Fachbegriffe in eigenen Worten: *Operon, Promotor, Operator, Strukturgen, Regulatorprotein, Regulatorgen, aktiver Repressor, inaktiver Repressor, Substrat*.
2. **Beschreiben** Sie den Ablauf der Substratinduktion am Beispiel des Lactoseabbaus in einer Auflistung. Verwenden Sie darin kurze Sätze und achten Sie darauf, dass alle Fachbegriffe aus Aufgabe a) vorkommen. Stellen Sie in Ihrer Beschreibung heraus, wie die Umwelt von E.coli diese Abläufe beeinflusst.
3. **Erklären** Sie, warum dieser Genregulationsmechanismus *Substratinduktion* genannt wird.
4. **Zeichnen** Sie eine zu Abbildung 1 passende schematische Darstellung eines (1) aktiven Repressors, des Disaccharids (2) Lactose sowie eines (3) inaktiven Repressors.

*Wenn Sie Ihr Ergebnis vergleichen möchten oder nicht weiterkommen, scannen Sie diesen QR-Code für einen Lösungsvorschlag: hier QR-Code mit Verlinkung zu PDF „Lösungsvorschlag lac-Operon Aufgabe 1d“*

Aufgabe 2

1. **Stellen** Sie mithilfe des *WickEditors* (www.wickeditor.com) den Ablauf der Substratinduktion in einer Animation **dar**. Nutzen Sie Ihre Ergebnisse aus Aufgabe 1 und die bereitgestellten Abbildungen. Ergänzen Sie diese mit Zeichnungen und Beschriftungen.

*Sie können die Bestandteile auch selbst zeichnen. Beachten Sie allerdings, dass Sie dann mehr Zeit benötigen.*

1. **Formulieren** Sie während der Erarbeitung zwei Verständnisfragen, die das Publikum mithilfe Ihrer Animation beantworten soll.

Arbeitsblatt B – Endproduktrepression

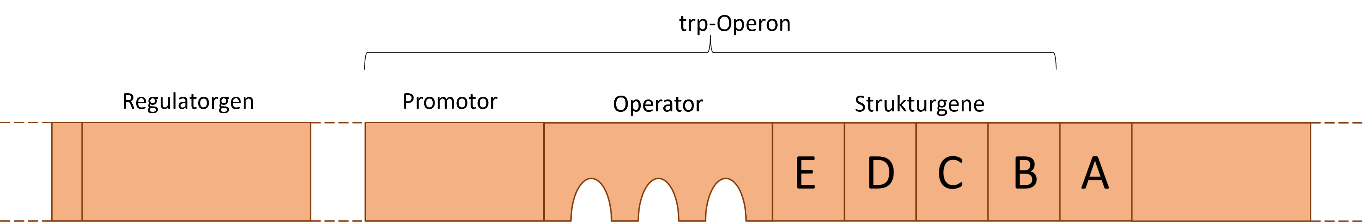
Genregulation bei E.coli – das Operon-Modell zur Endproduktrepression

Das Bakterium E.coli benötigt die Aminosäure Tryptophan zum Überleben. Es nimmt Tryptophan aus dem Umgebungsmedium auf, wenn es vorhanden ist, aber E.coli kann die Aminosäure auch selbst synthetisieren. Dafür werden insgesamt fünf Enzyme benötigt. Im Genom von Bakterien sind die verschiedenen Proteine, die für einen Stoffwechselprozess benötigt werden, häufig hintereinanderliegend in einem Block, dem **Operon**, kodiert.

Ein Operon besteht aus einem **Promotor**, einem oder mehreren **Operatoren** und den **Strukturgenen**. Die fünf Enzyme zur Synthese von Tryptophan sind bei E.coli im *trp*-Operon (gesprochen: Tryptophan-Operon) als Strukturgene kodiert. Vor diesen Strukturgenen liegt eine Gensequenz, die als Bindungsort für das Transkriptionsenzym RNA-Polymerase dient, der Promotor. Die dazwischenliegende Sequenz, der Operator, ist eine Bindungsstelle für sogenannte **Regulatorproteine**, welche die Expression der Strukturgene aktivieren oder blockieren können. Die Regulatorproteine sind an anderer Stelle im bakteriellen Genom als **Regulatorgene** kodiert.

Solange ausreichend Tryptophan im Umgebungsmedium von E.coli vorhanden ist, werden keine Enzyme zur Synthese von Tryptophan benötigt. Um Energie zu sparen, wird die Transkription der Gene blockiert. Dies erfolgt durch einen **aktiven Repressor**, ein Regulatorprotein, das aufgrund seiner Struktur an den Operator des *trp*-Operon bindet und so die RNA-Polymerase blockiert. Diese Steuerung der Transkription über einen Repressor ist ein Beispiel für die **negative Genregulation**.

Der Repressor ist nur dann aktiv, wenn ein Tryptophan-Molekül daran bindet. Wenn kein Tryptophan mehr in der Umgebung vorhanden ist, löst sich das Tryptophan-Molekül vom Repressor, was dessen Struktur verändert. Der nun **inaktive Repressor** kann nicht mehr an den Operator binden und löst sich. Folglich wird die Synthese der Enzyme zur Bildung von Tryptophan als **Endprodukt** initiiert. Dieser Typ der negativen Genregulation wird **Endproduktrepression** genannt.

Icon CC BY SAText abgeändert aus “Prokaryotic Gene Regulation” von *Rice University*, oercommons.org/courseware/lesson/15015, CC-BY-NC-SA-4.0 (creativecommons.org/licenses/by/4.0)

**Abb. 2:** Schematischer Aufbau des *trp*-Operon (gestrichelte Linien zeigen beliebigen Abstand zwischen DNA-Abschnitten).

**Erarbeitungsschritte**

Aufgabe 1

1. **Definieren** Sie die folgenden Fachbegriffe in eigenen Worten: *Operon, Promotor, Operator, Strukturgen, Regulatorprotein, Regulatorgen, aktiver Repressor, inaktiver Repressor, Endprodukt*.
2. **Beschreiben** Sie den Ablauf der Endproduktrepression am Beispiel der Tryptophan-Synthese in einer Auflistung. Verwenden Sie darin kurze Sätze und achten Sie darauf, dass alle Fachbegriffe aus Aufgabe a) vorkommen. Stellen Sie in Ihrer Beschreibung heraus, wie die Umwelt von E.coli diese Abläufe beeinflusst.
3. **Erklären** Sie, warum dieser Genregulationsmechanismus *Endproduktrepression* genannt wird.
4. **Zeichnen** Sie eine zu Abbildung 2 passende schematische Darstellung eines (1) aktiven Repressors, der (2) Aminosäure Tryptophan sowie eines (3) inaktiven Repressors.

*Wenn Sie Ihr Ergebnis vergleichen möchten oder nicht weiterkommen, scannen Sie diesen QR-Code für einen Lösungsvorschlag: hier QR-Code mit Verlinkung zu PDF „Lösungsvorschlag trp-Operon Aufgabe 1d“*

Aufgabe 2

1. **Stellen** Sie mithilfe des *WickEditors* (www.wickeditor.com) den Ablauf der Endproduktrepression in einer Animation **dar**. Nutzen Sie Ihre Ergebnisse aus Aufgabe 1 und die bereitgestellten Abbildungen. Ergänzen Sie diese mit Zeichnungen und Beschriftungen.

*Sie können die Bestandteile auch selbst zeichnen. Beachten Sie allerdings, dass Sie dann mehr Zeit benötigen.*

1. **Formulieren** Sie während der Erarbeitung zwei Verständnisfragen, die das Publikum mithilfe Ihrer Animation beantworten soll.

**Feedback-Rubrik zu Animationen** (Anregung ist beliebig erweiterbar)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 3 | 2 | 1 |
| Fachliche Richtigkeit | Ablauf und Fachbegriffe korrekt | maximal ein geringfügiger Mangel | Ablauf und/oder Fachbegriffe fehlerhaft |
| Vollständigkeit | alle Bestandteile und Schritte von Anfang bis Ende enthalten | zentrale Bestandteile und Schritte enthalten, maximal eine Lücke | Bestandteile oder Schritte fehlen oder sind unvollständig |
| Beschriftung der Bestandteile | eindeutig und korrekt beschriftet | überwiegend eindeutig und korrekt beschriftet | keine, fehlende oder fehlerhafte Beschriftung |
| Design der Bestandteile | deutlich, einheitlich und unterscheidbar | nur leichte Mängel, die Verständnis nicht beeinträchtigen | nicht unterscheidbar, verwirrend |
| Animationen | logisch und nachvollziehbar, Anfang und Ende erkennbar, verdeutlichen Vorgänge | nur leichte Mängel, die Verständnis nicht beeinträchtigen | keine oder nicht nachvollziehbar, Anfang und Ende unklar, verwirrend |
| Audio (Erklärungen, Sounds) | angemessene technische Qualität, ergänzen Animation, unterstützen Verständnis | überwiegend hilfreich, keine inhaltlichen Mängel | kaum oder kein Bezug zu Animation/Inhalt, ablenkend |