

# DNS-REPLIKATION

## Im praktischen Versuch

- Erkennen, dass DNS-Replikation semikonservativ ist.
- Ausarbeiten der Schritte der DNS-Replikation, dabei verstehen, was bei jedem Schritt vor sich geht.
- Demonstration des Verstehens jeden Schrittes durch Ausarbeiten jeden Schrittes der DNS-Replikation bei einem Spiel.

### LOGISTIK

- Der erste Teil dieser Lektion zeigt die einzelnen Schritte der DNS-Replikation auf.
- Beispielfolien können benutzt werden um die Schüler zu unterrichten :
  - Der Lehrer sollte die Schüler durch die einzelnen Schritte der DNS-Reproduktion führen.
  - Die vorliegenden Beispielfolien bilden nur die Grundlage auf die aufgebaut werden sollte.
- Die Schülern sollten sich nach und nach Notizen machen, Konzeptblätter liefern bei, wie auch ein Lehrermerkblatt.
- Am Ende der Beispielfolien wird ein Video empfohlen, um den Schülern zu veranschaulichen, wie DNS-Replikation abläuft.
- Der Lehrer sollte den beiliegenden Vorgaben folgen, um die Schüler durch einen Versuch zu geleiten, bei dem sie eine DNS-Replikation nachspielen.
  - Der Lehrer sollte die Schüler dazu anregen, sich wieder ins Gedächtnis zu rufen, was abläuft, anstatt ihnen nach und nach zu sagen, was zu tun ist.

### MATERIAL/KOSTEN

- Dieser Versuch benötigt kein weiteres Material als Konzeptblätter, verschieden farbige Blatt Papier und den Enthusiasmus der Schüler während des Spiels.
- Um diesen Versuch unter bestmöglichen Bedingungen auszuführen, sollten in der Klasse nicht mehr als 20(+) Schüler sein.
- Farbige Papier : 2 verschiedene Farben
  - 9 -15 Blatt Papier einer Farbe
    - Bei kleineren Klassen sollten 9 Blatt ausreichen
  - 1 Blatt Papier der anderen Farbe für jeden Schüler

## LEGENDE DER DNS-STRUKTUR

### Schlüsselbegriffe

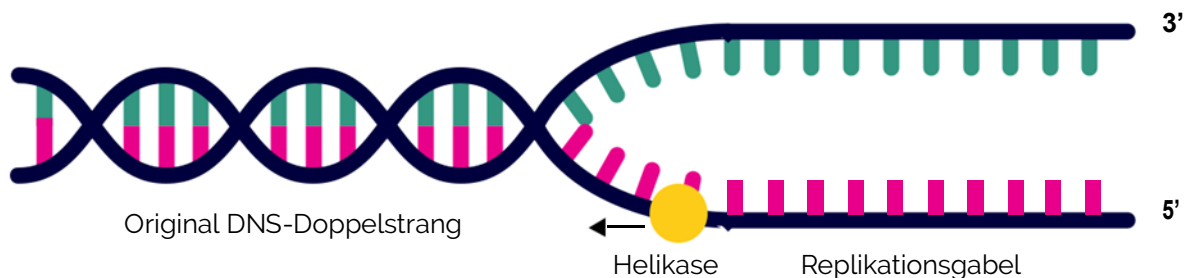
- Semikonservativ
- Replikationsgabel
- Helikase
- Topoisomerase
- Einzelstrang-bindende Proteine
- Primase
- DNS Polymerase III
- Leitstrang
- Folgestrang
- DNS Polymerase I
- Ligase

### Allgemeines Schema der DNS-Replikation

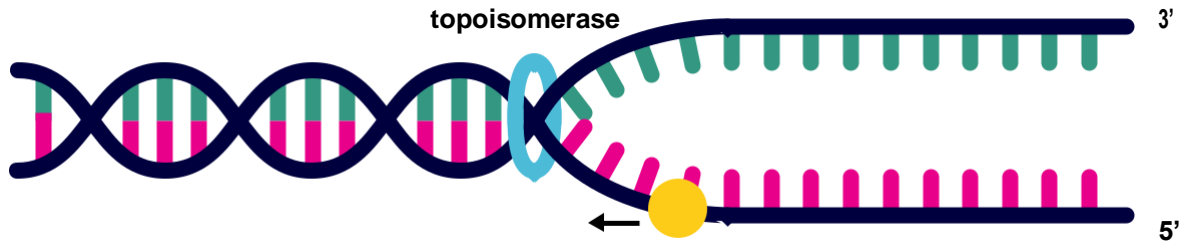
1. Die DNS-Doppelhelix wird geöffnet, indem die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den einzelnen Strängen auftrennt.
2. Jeder Strang ist eine Vorlage für die Synthese eines neuen Komplementären Stranges. Verschiedene Proteine führen diesen Prozess aus.
3. Die DNS-Replikation ist **semikonservativ**, da sie zwei identische DNS-Helixe erstellt, jede versehen mit einem neuen und einem bereits vorhandenen Strang.

### Wie geht dieser Prozess vonstatten ?

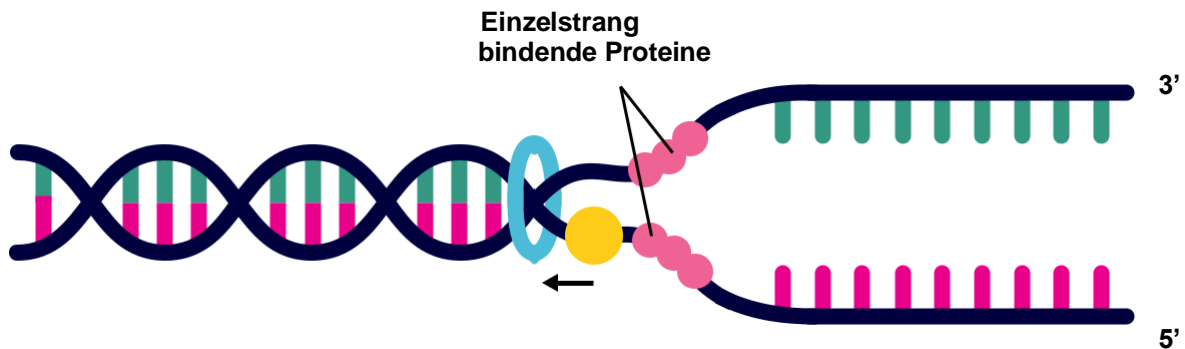
1. Die **Helikase** öffnet die DNS indem sie indem die Wasserstoffbrückenbindungen an der **Replikationsgabel** auftrennt.



- Die **Topoisomerase** kommt ins Spiel, um Torsionsspannungen der DNS zu vermindern. Sie entdrillt die DNS-Stränge und kann sie auch wieder aufwickeln, um zu verhindern, dass sie sich verheddert.

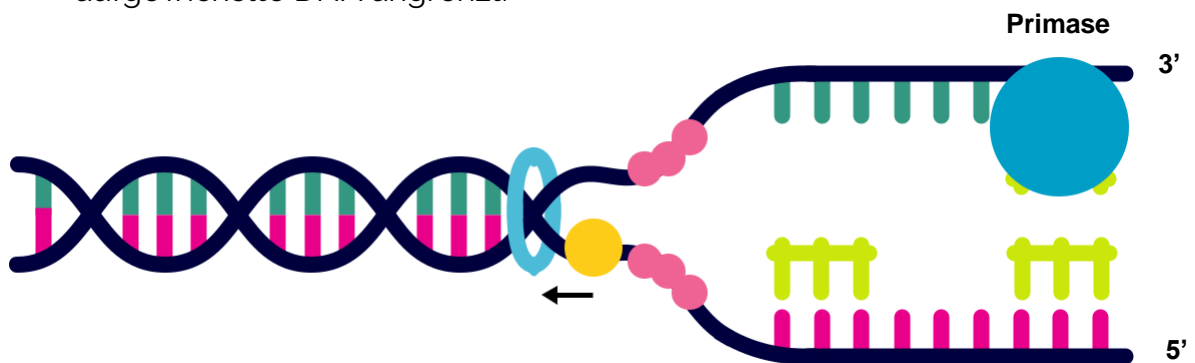


- Das **Einzelstrang-bindende Proteine** halten die einzelnen DNS-Stränge auseinander.



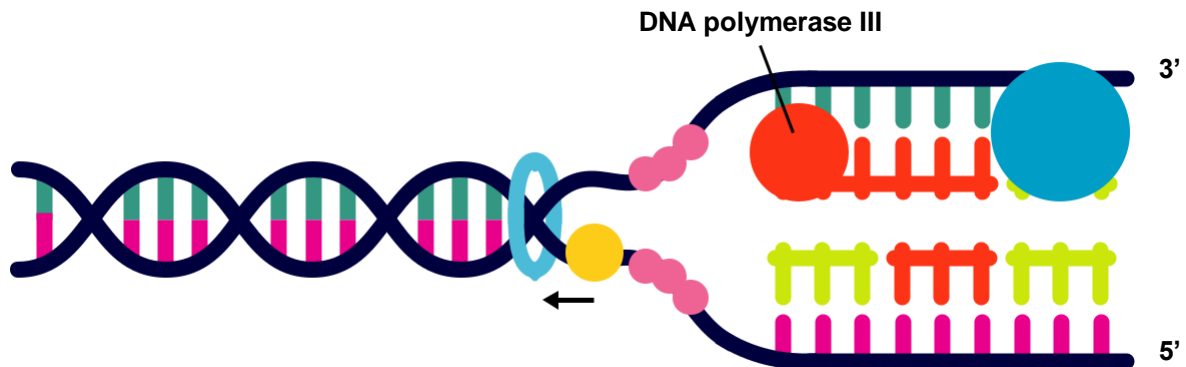
- Die **Primase** setzt einen RNA-Primer an das Ende des 3'-Stranges und bildet den neuen DNS-Strang an der 5'-Seite.

- Dieser Primer besteht aus 5-10 RNA-Nukleotiden und dient als „Starthilfe“ für die Synthese der DNS-Nukleotiden.
- An dem Strang mit dem 3'-Ende an der Replikationsgabel wird der Primer nur am Ende dieses Stranges angefügt.
- An dem Strang mit dem 5'-Ende an der Replikationsgabel wird der Primer an verschiedenen Stellen angefügt, beginnend am 3'-Ende, welches an die aufgewickelte DNA angrenzt.



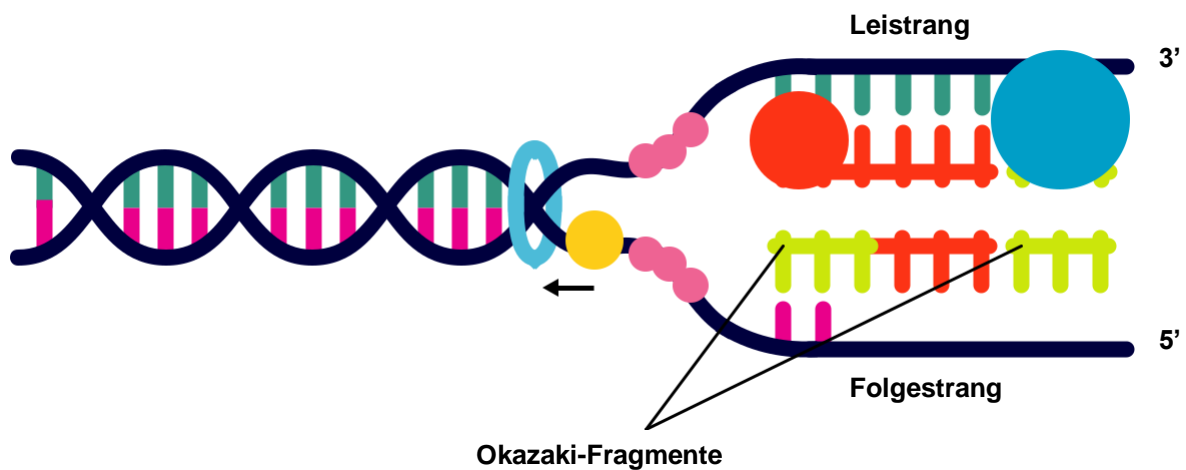
5. Die **DNA Polymerase III** setzt Nukleotide an das 3'-Ende des DNS-Stranges.

- **NOTA BENE** : Sie dockt ausschließlich an das 3'-Ende an, da die DNA-Polymerase kann nur in 5'→3'-Richtung synthetisieren. Der RNA-Primer ist deshalb so wichtig, denn er gibt den „Startschuss“ für die DNS-Synthese.
- Zeichnen Sie die Nukleotide die die Polymerase anfügt in das unten stehende Diagramm ein.



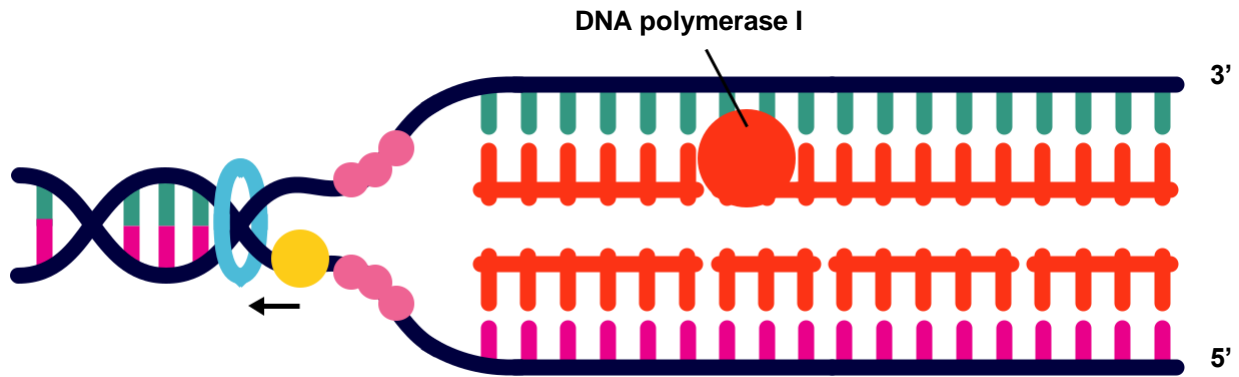
6. Vergleich zwischen **Leitstrang** und **Folgestrang**

- Sie werden feststellen, dass ein Strang kontinuierlich DNS bildet. Das ist der **Leitstrang**.
- Der andere DNS-Strang wird in Fragmenten gebildet – das ist der **Folgestrang**.
- Kennzeichnen Sie den Leitstrang und den Folgestrang im Diagramm von Schritt 5.
- **NOTA BENE** : Die Fragmente des Folgestrangs bezeichnet man als **Okazaki-Fragmente**. Kennzeichnen Sie sie ebenfalls.



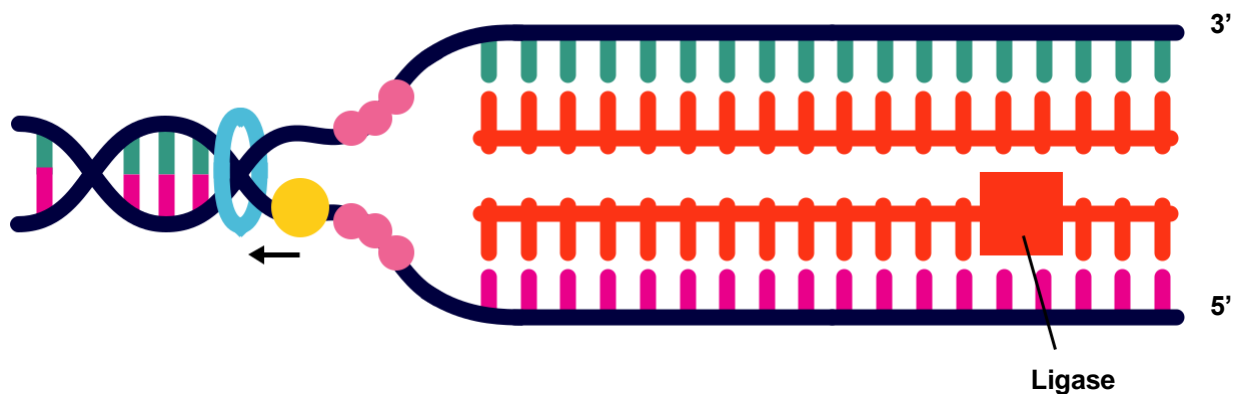
7. Die **DNS Polymerase I** entfernt den RNA-Primer und fügt weitere DNS-Nukleotide hinzu.

- Dies wird in der Schemazeichnung gezeigt. Beachten Sie, dass sie die neuen DNS-Nukleotide nicht mit den ursprünglichen aus der DNS Polymerase III verbunden hat.



8. Die **Ligase** versiegelt die Zwischenräume zwischen den DNS-Strängen

- Sie haben nun zwei DNS-Doppelhelixe !



• Da sie nun die einzelnen Schritte durchgegangen sind, schauen Sie sich folgendes Video an, auf dem Sie die Dinge „in Aktion“ sehen :

<https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw>

• Um die Rolle jedes einzelnen Enzyms während der DNS-Replikation besser zu verstehen, definieren Sie die Funktions jedes Schlüsselbegriffes der Legende.

## SPIEL

- Bitten Sie die Schüler sich hintereinander in zwei parallelen Reihen aufzustellen und eine Hand zu der gegenüberstehenden Person auszustrecken.
  - Die zwei Reihen sollten gegenüberliegenden Seiten des Raumes anschauen, um zu verkörpern wie antiparallel die DNS-Stränge zueinander stehen.
  - Definieren Sie, welches die 3' und welches die 5'-Enden sind
- Weisen Sie den Schülern verschiedene Rollen zu :
  - Helikase (1 Person)
  - Topoisomerase (1 Person)
  - Einzelstrang-bindende Proteine (2-3 Personen)
  - Primase (1 Person)
    - Händigen Sie der Primase 9-15 Blatt Papier aus, um den RNA-Primer darzustellen
  - DNS Polymerase I (1 Person)
    - Händigen Sie der DNS Polymerase I 20+ Blatt Papier aus (1 Blatt Papier für jeden Schüler – Anzahl der Blatt Papier für den Primer), um die DNS-Nukleotide darzustellen, die angelegt sind. Nicht die selbe Farbe wie der DNS-Primer.
  - DNS Polymerase III (1 Person)
    - Händigen Sie der DNS Polymerase III 9-15 Blatt Papier aus, um die Nukleotide darzustellen (ebenso viele Blatt Papier wie für die Primase)
    - Die selbe Farbe der Blätter wie die DNS Polymerase.
  - Ligase (1 Person)
- Führen Sie die Schüler durch das Spiel, um die DNS-Replikation darzustellen. Regen Sie die Schüler dennoch dazu an, die nächsten Schritte selbst herauszufinden indem sie sie fragen, was als nächstes bei dem Prozess passiert. Als Lehrer sollten sie nicht jeden Schritt ausführlich erklären, bevor die Schüler nicht versucht haben, sich selbst daran zu erinnern. Wir haben ein Beispiel ausgearbeitet, wie dieses Spiel ablaufen könnte :
  - Die Helikase tritt ins Spiel und trennt die DNS indem sie durch die Mitte läuft. Bitten Sie die Schüler, sich ausschließlich auf die Stelle zu konzentrieren, an der die Replikationsgabel geöffnet wird. Es ist wichtig, dass der Lehrer aufzeigt, welche Seite der rest der DNS darstellt, so dass die Schüler wissen, welche 5' und 3'-Enden geöffnet sind.
    - Folglich sollten die Schüler nicht mehr die Hand zu der ihnen gegenüberstehenden Person ausgestreckt haben, um darzustellen, wie die Wasserstoffbrückenbindungen aufgetrennt werden.
  - Als nächstes kommt die Topoisomerase ins Spiel und gibt vor, die Spannung der DNS zu vermindern. Diese Rolle ist ziemlich willkürlich, aber der Schüler kann seine Mitschüler etwas hin- und herbewegen, um darzustellen, wie die DNS ab- und wieder aufgewickelt wird.
- Die Schüler, die die Einzelstrang-bindenden Proteine darstellen kommen ins Spiel. Sie stehen zwischen den beiden Reihen und halten sie auseinander.

- Bemerkung : diese Rolle ist eher figurativ als illustrativ um darzustellen, was Physikalisch abläuft. Das Ziel ist es, den Schülern zu vermitteln, welche Funktion jeder Schritt hat.
- Die Primase kommt ins Spiel.
  - Die Primase gibt den Leuten am offenen Ende des 3'-Strangs der DNS 3 Blatt Papier.
  - Die Primase gibt den Leuten am anderen Ende des 3'-Stranges 3 Blatt Papier.
  - Die Primase lässt 5 Personen aus und gibt den kommenden Leuten wieder 3 Blatt Papier (jeder eines).
  - Die DNS Polymerase I tritt ins Spiel.
  - Dieser Schüler gibt allen Schülern, die noch kein Blatt Papier in Händen halten eines, indem er von 5' in Richtung 3' geht.
- Fragen Sie die Schüler, welches die Leitstränge und welches die Folgestränge sind.
- Bitten sie die Schüler herauszufinden, wo sich die Okazaki-Fragmente befinden.
- Die DNS Polymerase III kommt ins Spiel und tauscht die Primer-Blatt Papiere durch die andersfarbigen aus, welche die DNS-Nukleotide darstellen.
- Die Ligase kommt ins Spiel und verbindet die DNS-Nukleotide, wo die Okazaki-Fragmente zusammen waren.

# DNA-REPLIKATION

## Handzettel für die Schüler

### Schlüsselbegriffe

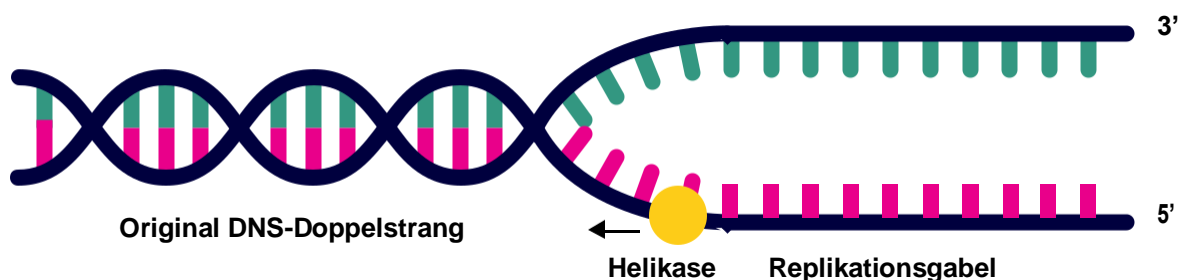
- Semikonservativ
- Replikationsgabel
- Helikase
- Topoisomerase
- Einzelstrang-bindende Proteine
- Primase
- DNS Polymerase III
- Leitstrang
- Folgestrang
- DNS Polymerase I
- Ligase

### Allgemeines Schema der DNS-Replikation

1. Die DNS-Doppelhelix wird geöffnet, indem die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den einzelnen Strängen auftrennt.
2. Jeder Strang ist eine Vorlage für die Synthese eines neuen Komplementären Stranges. Verschiedene Proteine führen diesen Prozess aus.
3. Die DNS-Replikation ist \_\_\_\_\_, da sie zwei identische DNS-Helixe erstellt, jede versehen mit einem neuen und einem bereits vorhandenen Strang.

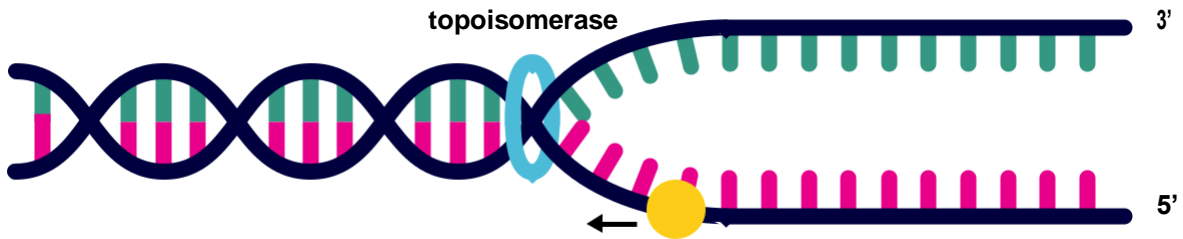
### Wie geht dieser Prozess vonstatten ?

1. Die \_\_\_\_\_ öffnet die DNS indem sie indem die Wasserstoffbrückenbindungen an der **Replikationsgabel** auftrennt.

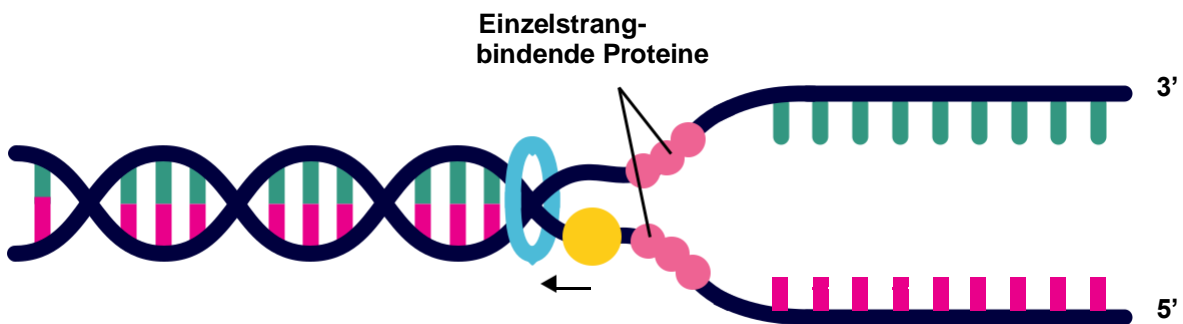




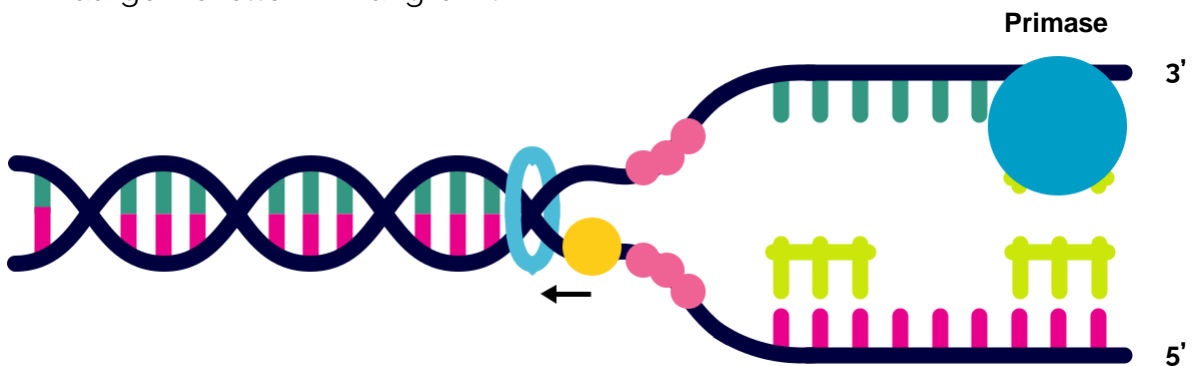
2. Die \_\_\_\_\_ kommt ins Spiel, um Torsionsspannungen der DNS zu vermindern. Sie entdrillt die DNS-Stränge und kann sie auch wieder aufwickeln, um zu verhindern, dass sie sich verheddert.
  - Sie können sich das Protein in Form eines Rings vorstellen, der die DNS in einer verdrißelten Struktur festhält.



3. Das **Einzelstrang-bindende Proteine** halten die einzelnen DNS-Stränge auseinander.

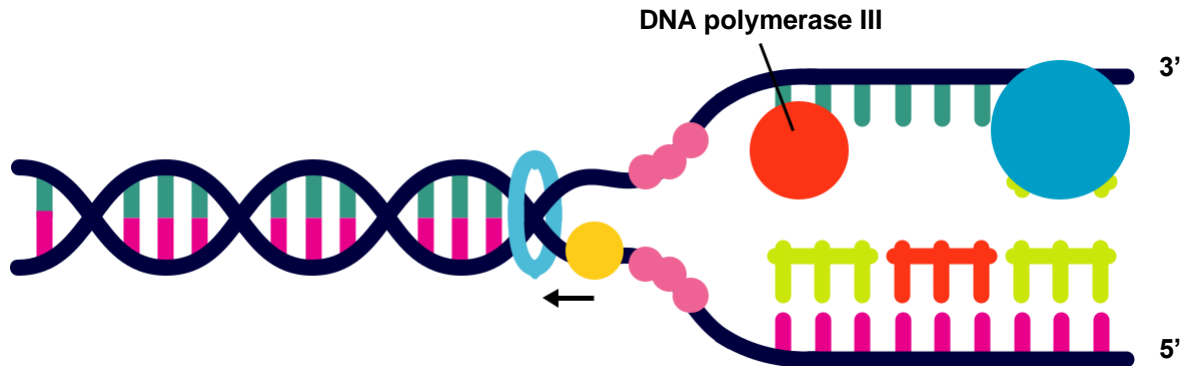


4. Die \_\_\_\_\_ setzt einen RNA-Primer an das Ende des 3'-Stranges und bildet den neuen DNS-Strang an der 5'-Seite.
  - a. Dieser Primer besteht aus 5-10 RNA-Nukleotiden und dient als „Starthilfe“ für die Synthese der DNS-Nukleotiden.
  - b. An dem Strang mit dem 3'-Ende an der Replikationsgabel wird der Primer nur am Ende dieses Stranges angefügt.
  - c. An dem Strang mit dem 5'-Ende an der Replikationsgabel wird der Primer an verschiedenen Stellen angefügt, beginnend am 3'-Ende, welches an die aufgewickelte DNA angrenzt.



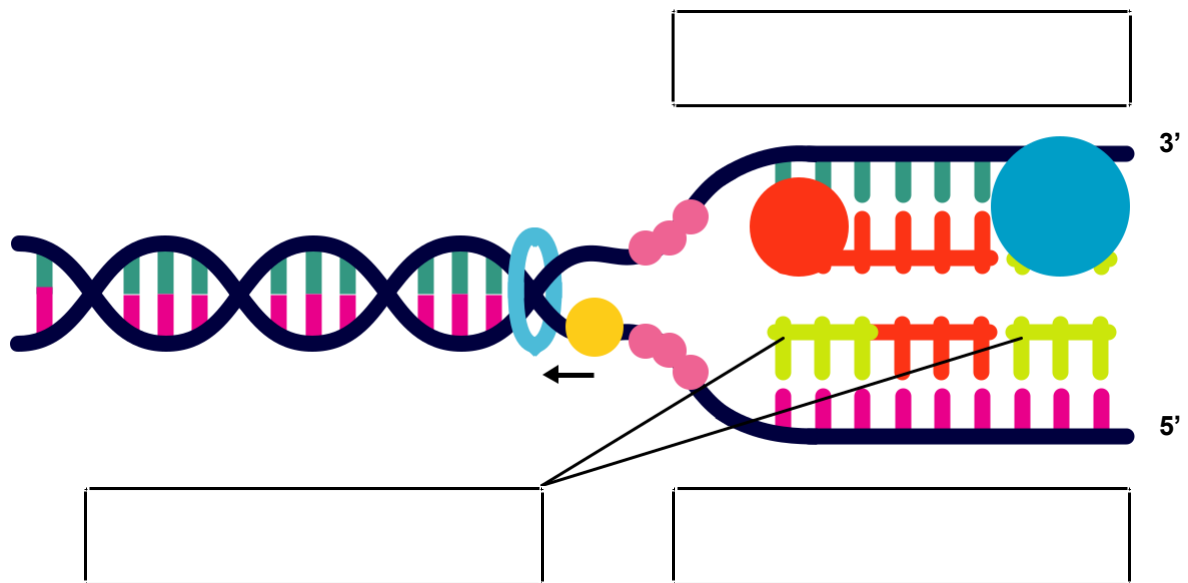
5. Die \_\_\_\_\_ setzt Nukleotide an das 3'-Ende des DNS-Stranges.

- **NOTA BENE** : Sie dockt ausschließlich an das 3'-Ende an, da die DNA-Polymerase kann nur in 5'→3'-Richtung synthetisieren. Der RNA-Primer ist deshalb so wichtig, denn er gibt den „Startschuss“ für die DNS-Synthese.
- Zeichnen Sie die Nukleotide die die Polymerase anfügt in das unten stehende Diagramm ein.



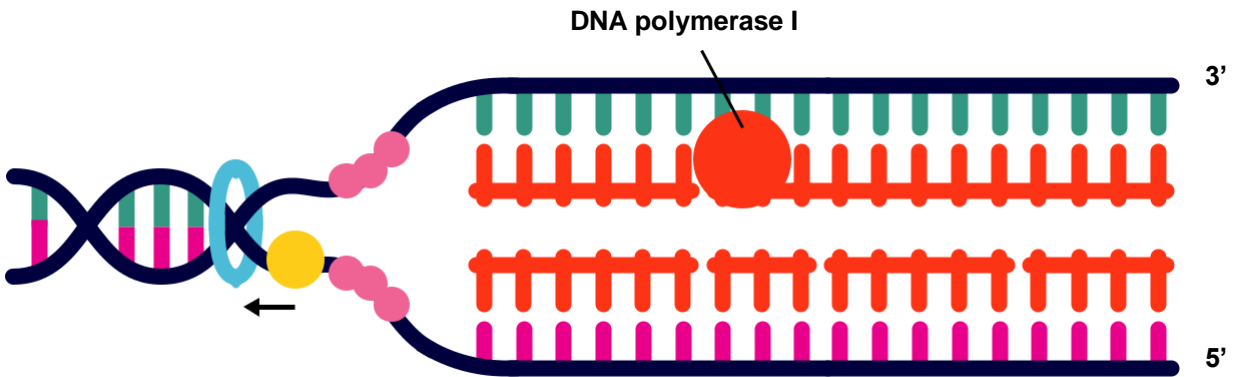
6. Vergleich zwischen **Leitstrang** und **Folgestrang**

- Sie werden feststellen, dass ein Strang kontinuierlich DNS bildet. Das ist der \_\_\_\_\_.
- Der andere DNS-Strang wird in Fragmenten gebildet – das ist der **Folgestrang**.
- Kennzeichnen Sie den Leitstrang und den \_\_\_\_\_ im Diagramm von Schritt 5.
- **NOTA BENE** : Die Fragmente des Folgestrangs bezeichnet man als **Okazaki-Fragmente**. Kennzeichnen Sie sie ebenfalls.



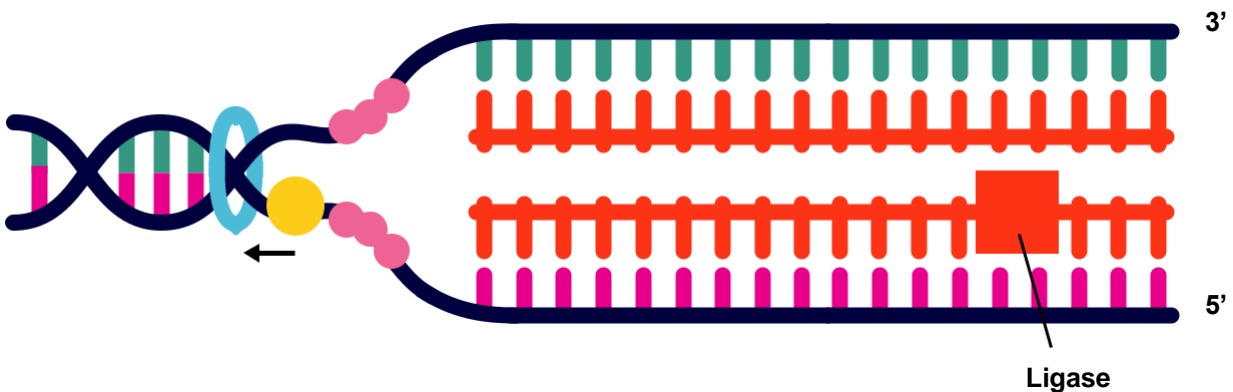
7. Die \_\_\_\_\_ entfernt den RNA-Primer und fügt weitere DNS-Nukleotide hinzu.

- Dies wird in der Schemazeichnung gezeigt. Beachten Sie, dass sie die neuen DNS-Nukleotide nicht mit den ursprünglichen aus der DNS Polymerase III verbunden hat.



8. Die \_\_\_\_\_ versiegelt die Zwischenräume zwischen den DNS-Strängen

- Sie haben nun zwei DNS-Doppelhelixe !



• Da sie nun die einzelnen Schritte durchgegangen sind, schauen Sie sich folgendes Video an, auf dem Sie die Dinge „in Aktion“ sehen :

<https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw>

• Um die Rolle jedes einzelnen Enzyms während der DNS-Replikation besser zu verstehen, definieren Sie die Funktions jedes Schlüsselbegriffes der Legende.