

# Entschlüsselung des genetischen Codes

**DER GENETISCHE CODE** · DNA-Moleküle bestehen aus vier verschiedenen Nukleotiden, die sich in ihrer jeweiligen Base unterscheiden. Proteine bestehen dagegen aus 20 verschiedenen Aminosäuren. Forscher untersuchten Anfang der 1960er-Jahre die Fragestellung, wie die Information für die Position einer bestimmten Aminosäure innerhalb eines Proteins in der Basensequenz der DNA codiert sein kann. Aufgrund theoretischer Überlegungen, die durch experimentelle Befunde unterstützt wurden, vermutete der britische Biologe Sidney BRENNER, dass eine Einheit aus drei Basen für eine Aminosäure codieren müsse: Eine Base allein kann nur eine Aminosäure eindeutig definieren, damit könnten lediglich  $4^1 = 4$  Aminosäuren codiert werden. Eine Informationseinheit aus zwei Basen für eine Aminosäure könnte bereits  $4^2 = 16$  eindeutige Zuordnungen ermöglichen. Diese Anzahl ist aber für 20 Aminosäuren noch nicht ausreichend. Eine Informationseinheit aus drei Basen ergibt  $4^3 = 64$  mögliche Zuordnungen. Dieser Wert übersteigt die notwendige Anzahl an Informationseinheiten. Tatsächlich zeigten Experimente, dass jede Aminosäure durch eine Einheit aus drei Basen codiert wird. Diese Einheit wird deshalb als **Triplet** oder als **Codon** bezeichnet. Weiterhin zeigten die Experimente, dass die Gesamtheit aller Codons, der *genetische Code*, bestimmte Eigenschaften aufweist, die für seine Funktionsweise von grundlegender Bedeutung sind.

**EIGENSCHAFTEN DES GENETISCHEN CODES** · Eine Base gehört immer nur zu einem Triplet, nicht gleichzeitig zu zwei benachbarten. Die Triplets sind also *überlappungsfrei* nebeneinander angeordnet. Innerhalb der Basensequenz gibt es keine bedeutungsfreien Basen, sodass die Triplets lückenlos abgelesen werden; die Basensequenz ist *kommafrei*. Jeweils ein bestimmtes Triplet codiert eine bestimmte Aminosäure. Die Triplets sind somit *eindeutig*.

Es existieren jedoch 44 Triplets mehr, als es Aminosäuren gibt. Experimente zeigten, dass verschiedene Triplets auch für die gleiche Aminosäure codieren können. Sehr häufig variieren diese Triplets in der dritten Position. Der genetische Code wird deshalb als *degeneriert* bezeichnet. Alle Lebewesen besitzen mit ganz wenigen Ausnahmen und Abweichungen den gleichen genetischen Code. Der Code ist damit nahezu *universell*.

Der genetische Code ist zwar kommafrei, er besitzt aber zwei besondere Start- und drei Stoppsignale. An diesen Codons erfolgt die Initiation beziehungsweise die Termination der Übersetzung der Nukleotidsequenz der mRNA in die Aminosäuresequenz der Polypeptide.

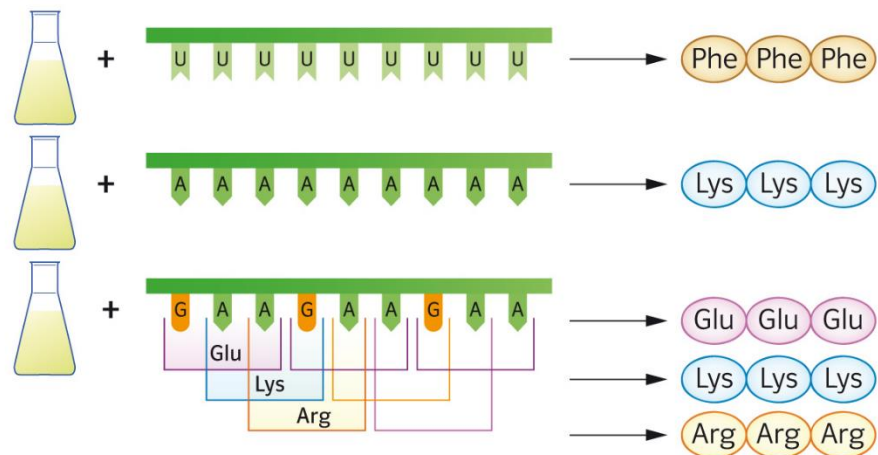
## Wie hat man herausgefunden, welche Triplets (Codons) für welche Aminosäuren codieren?

- Triplettbindungstests

### Anwendung

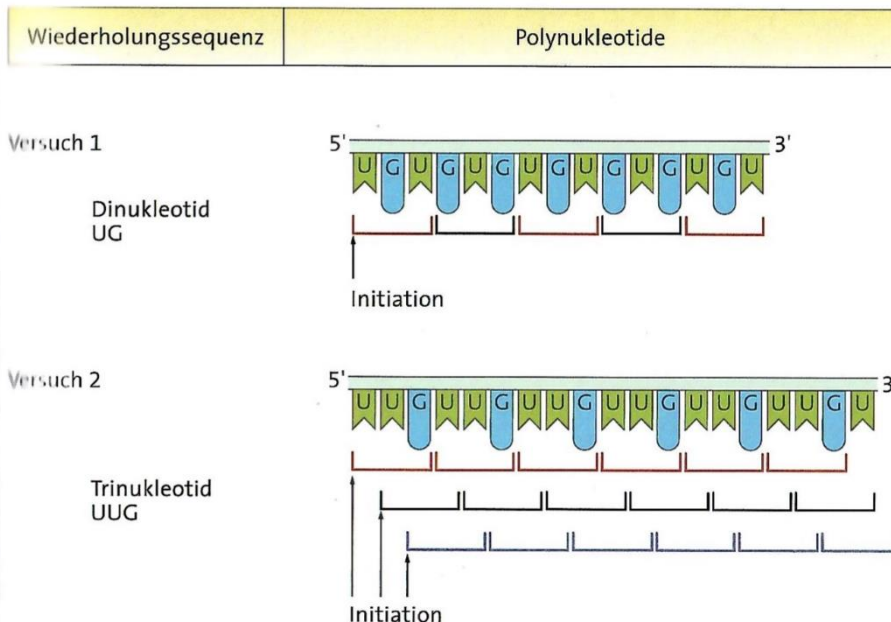
Aufklärung des genetischen Codes durch Translationsexperimente mit synthetischer RNA

### Methode



Quelle: Markl Biologie Oberstufe, © Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2011

## Material A ▶ Dechiffrierung des genetischen Codes



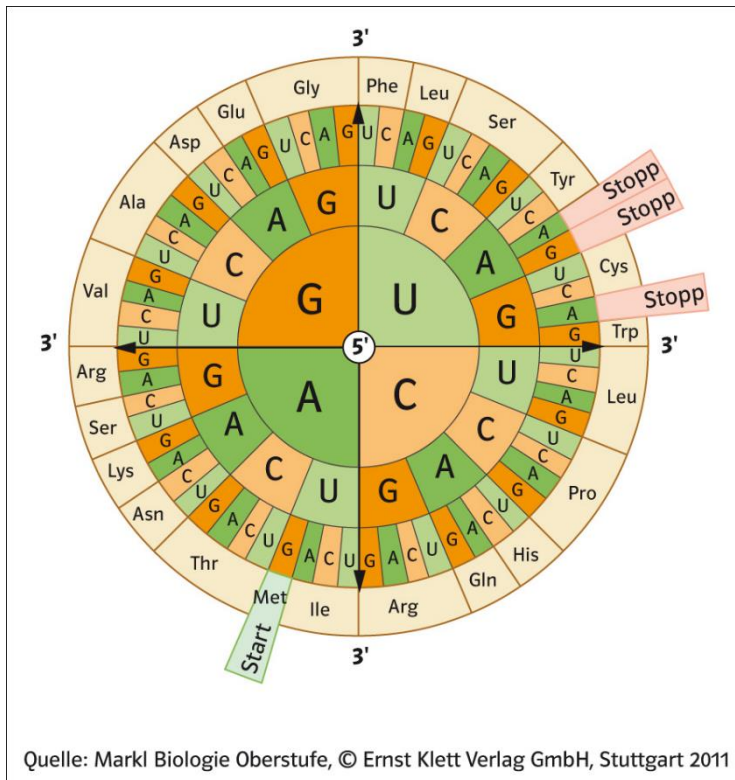
Der US-amerikanische Molekularbiologe Gobind KHORANA synthetisierte in den frühen 1960er-Jahren künstliche RNA-Moleküle, die aus Di- oder Trinukleotiden bestanden, welche sich

immer wiederholten. Anschließend wurden diese RNA-Moleküle in einem zellfreien System in Peptide übersetzt. Ein zellfreies System enthält alle zur Proteinbiosynthese notwendigen

Enzyme, Aminosäuren und weiteren Komponenten, aber keine zusätzlichen DNA- oder mRNA-Moleküle. Aus der Aminosäuresequenz der gebildeten Peptide konnte KHORANA auf die Bedeutung der möglichen Triplets für die Codierung schließen.

- A1** Geben Sie für die Versuche 1 und 2 die möglichen Triplets an!
- A2** Bestimmen Sie die entsprechende Aminosäuresequenz der Peptide in den Versuchen 1 und 2!
- A3** Erläutern Sie, welche Ergebnisse zu erwarten wären, wenn Sie diesen Versuch mit dem Tetranukleotid UAUC durchführen würden! Begründen Sie Ihre Aussage!
- A4** Begründen Sie die Zusammensetzung des zellfreien Systems für diesen Versuchsansatz!





Von den 64 „Codeworten“ verschlüsseln 61 Codons die 20 Aminosäuren. Die drei Codons UAA, UAG und UGA sind Stoppsignale für das Beenden der Proteinbiosynthese.

Was fällt Ihnen beim Codon AUG auf?

### Exkurs

#### Wie universell ist der genetische Code?

Zahlreiche Untersuchungen an verschiedenen Organismen zeigen, dass der genetische Code nahezu universell ist. Im Labor können Gene auch nach Übertragung von einer Art auf eine andere korrekt in ein Protein übersetzt werden. Als wichtige Anwendung, die auf dieser Universalität beruht, hat sich die Gentechnik etabliert. Zu den wenigen bekannten Abweichungen gehören etwa einzelne Codons des mitochondrialen Codes bei Wirbeltieren, Hefen und Pflanzen.

Codon	universeller Code	mitochondrialer Code
UGA	Stopp	Trp
AGA	Arg	Stopp
AUA	Ile	Met

#### 69.2 Unterschiede zwischen universellem und mitochondrialen Code beim Menschen

Trotz dieser Variationen des genetischen Codes steht die evolutionäre Bedeutung seines fast universellen Charakters außer Frage.

- 1 Erläutern Sie die evolutionäre Bedeutung des universellen Charakters des genetischen Codes.

### Die Eigenschaften des genetischen Codes

1. Er ist ein **Triplet-Code** und wird als RNA-Sequenz stets in 5'→3'-Richtung angegeben.
2. Er ist nahezu **universell**. Er gilt für fast alle Lebewesen.
3. Er ist **eindeutig**. Jedes Triplet und damit jedes Codon codiert nur eine Aminosäure.
4. Er ist **degeneriert**. Fast alle Aminosäuren werden durch mehrere Triplets codiert.
5. Er ist **kommatafrei**. Die Codons schließen lückenlos aneinander.
6. Er ist **nicht überlappend**. Eine Base ist immer nur Bestandteil eines Codons.

Von den 64 Codeworten verschlüsseln 61 Codons die 20 Aminosäuren. Die drei Codons UAA, UAG und UGA sind Stoppsignale für das Beenden der Proteinbiosynthese.

- 1 Übersetzen Sie folgende mRNA in eine Aminosäuresequenz:

5'-AUG GCA UGG CAG GCC UUA GAA-3'