

Beispielaufgabe 2

Der Affe in uns

Die Vielfalt der Tiere und Pflanzen ist das Ergebnis eines langen und natürlichen Entwicklungsprozesses (Evolution). Auch die heutigen Menschen haben sich über mehrere Millionen Jahre aus ursprünglichen Formen entwickelt.

Aufgrund der vielen Säugetiermerkmale kann der Mensch eindeutig dieser Klasse zugeordnet werden. Ein Merkmal, das die Menschen jedoch deutlich von den anderen Säugetieren unterscheidet, ist der aufrechte Gang. Nur Menschenaffen sind ebenfalls in der Lage, zumindest für eine bestimmte Zeit, aufrecht zu gehen.

Unter allen Säugetieren scheinen die Menschenaffen den Menschen am ähnlichsten zu sein. Zu den Menschenaffen werden Gibbons, Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans gezählt.



Ein Weißhandgibbon
(© S. Engels - stock.adobe.com).



Ein Orang-Utan (©R.M. Nunes - stock.adobe.com).



Ein Gorilla (© erwinf - stock.adobe.com).

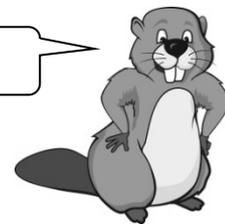


Ein Schimpanse (© Patrick Rolands - stock.adobe.com).



In welcher verwandtschaftlichen Beziehung stehen die Menschen zu den Menschenaffen?

Ich soll nun also herausfinden...



Damit ein Stammbaum aufgestellt werden kann, muss nachgewiesen werden, dass sich Menschenaffen und Menschen aus einer Stammart entwickelt haben, also eine **monophyletische Gruppe** bilden.



Die beiden Schritte, um monophyletische Gruppen zu identifizieren, sind...

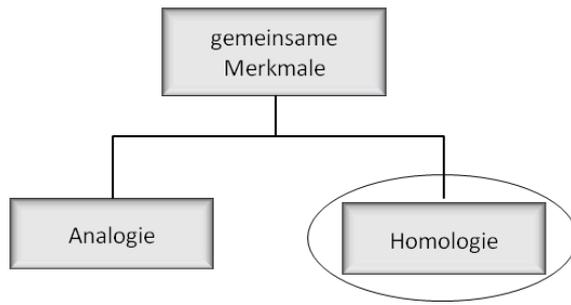


Abb. 1: Unterscheidung bei gemeinsamen Merkmalen (nach Ridley 1996).

Der **erste Schritt** ist die Suche nach gemeinsamen **homologen Merkmalen** bei Menschenaffen und Menschen. Wenn sie sich aus einer Stammart entwickelt haben, so müsste man entsprechende Merkmale finden.



Im Gegensatz zu den übrigen Affen haben Gibbons, Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans **keinen Schwanz**.

Bei den Menschenaffen liegt außerdem das Schultergelenk weiter hinten. Dementsprechend ist das **Schlüsselbein verlängert** und das **Schulterblatt** liegt nicht mehr an der Körperseite, sondern auf der **Körperrückseite**. Diese Merkmale sind auf den folgenden Bildern gut zu erkennen.



Ja, das kann ich auch in der Abbildung erkennen.

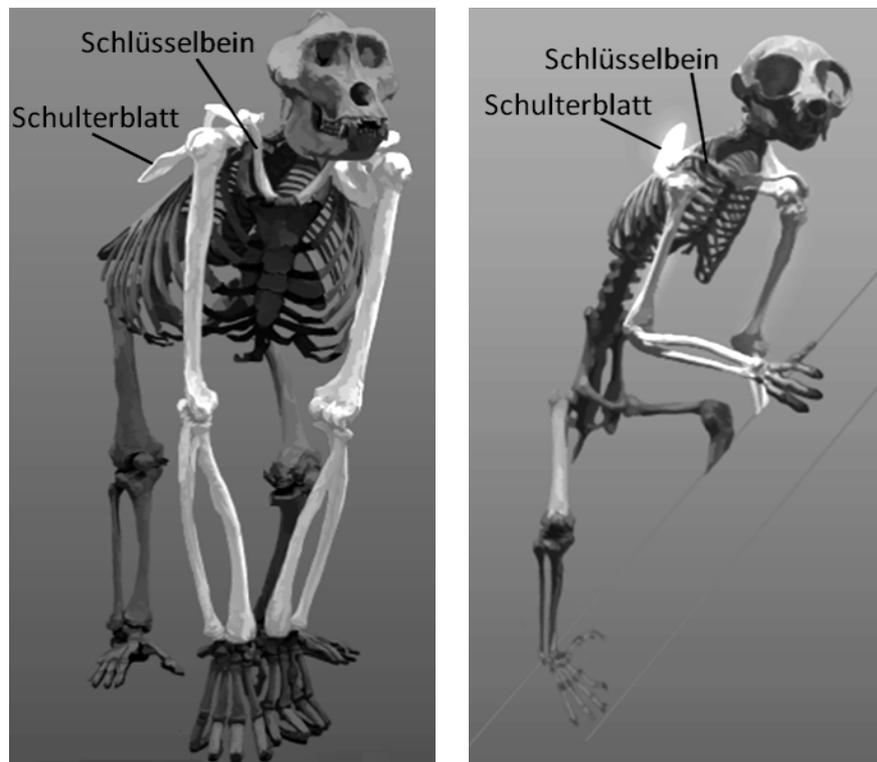


Abb. 2: **Vergleich der Vorderextremitäten und der Lage des Schulterblattes**. Links: Skelett eines Menschenaffen, dem Gorilla. Rechts: Skelett eines Feuchtnasenaffen, dem Lori. Hell hervorgehoben sind die Vorderextremitäten sowie Schulterblatt, Schultergelenk und Schlüsselbein.

(Quelle: <http://www.eskeletons.org/>)

Auch Menschen haben **keinen Schwanz** und ein **Schulterblatt auf der Körperrückseite** mit einem **verlängertem Schlüsselbein**.

Der Grundbauplan des reduzierten Schwanzes, des Schulterblattes und des Schlüsselbeins ist bei allen Menschenaffen und Menschen gleich.



Wenn der Grundbauplan gleich ist, dann...

1. Lösungsschritt: Betrachtung homologer Merkmale

Bei dem reduzierten Schwanz, der Lage des Schulterblattes und der Lage des Schlüsselbeins handelt es sich um **homologe Merkmale**.

Im **zweiten Schritt** muss jetzt überprüft werden, ob es sich dabei um **abgeleitete Merkmale** handelt.

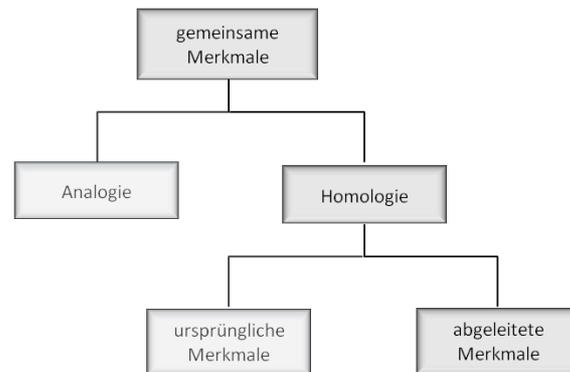


Abb. 3: Unterscheidung bei gemeinsamen Merkmalen (nach Ridley 1996).



Abgeleitete Merkmale sind...

Die Überprüfung erfolgt mithilfe...



Bei dem Außengruppenvergleich sind die Menschenaffen und die Menschen die Innengruppe. Die übrigen Affen sind die Außengruppe.

	Übrige Affen	Menschenaffen	Menschen
fehlender Schwanz	—	×	×
Schulterblatt auf Körperrückseite / verlängertes Schlüsselbein	—	×	×

Abb. 4: **Merkmalstabelle für abgeleitete Merkmale der Menschenaffen** (× - Merkmal ist vorhanden, — - Merkmal ist nicht vorhanden).



In der Merkmalstabelle kann man sehen...

2. Lösungsschritt: Unterscheidung zwischen ursprünglichen und abgeleiteten Merkmalen

Der reduzierte Schwanz, die Lage des Schulterblattes und die Lage des Schlüsselbeins sind **abgeleitete Merkmale**.

3. Lösungsschritt: Schlussfolgerung auf die Verwandtschaftsbeziehung

Menschen und Menschenaffen haben sich also tatsächlich aus einer Stammart entwickelt. Sie werden zu der **monophyletischen Gruppe** der **Menschenartigen** (Hominoiden) zusammengefasst.

Noch nicht geklärt ist allerdings, wie der Stammbaum der Menschenartigen genau aussieht.



Mit wem sind wir am engsten verwandt? Mit den Gibbons, Schimpansen, Gorillas oder Orang-Utans?

Ich soll nun also herausfinden...



Bisher zeigten sich die **abgeleiteten Merkmale** in der Struktur oder Form (Morphologie) der Lebewesen. Es handelte sich also um deutlich sichtbare Merkmale wie zum Beispiel die Lage des Schulterblattes.

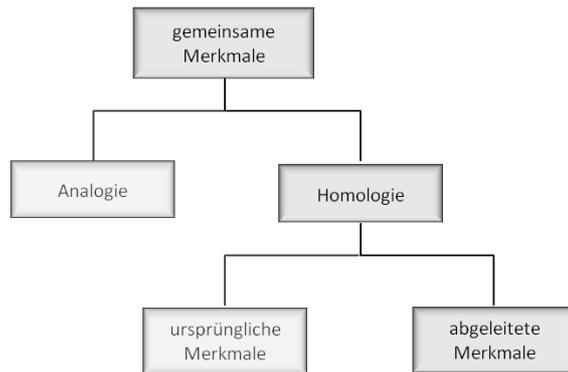


Abb. 5: Unterscheidung bei gemeinsamen Merkmalen (nach Ridley 1996).



Weitere Beispiele sind...

Bei den Menschenartigen (Hominoiden) sind die **abgeleiteten Merkmale** allerdings nicht so leicht zu erkennen. Die Betrachtung der Morphologie ermöglicht nicht die Erstellung eines eindeutigen Stammbaums.

Zum Nachweis der Verwandtschaft muss auf einer anderen Ebene nach **abgeleiteten Merkmalen** gesucht werden.

Auch **biochemische Merkmale**, also chemische Vorgänge in Lebewesen, können **Homologien** aufweisen.

So lassen sich die genauen Verwandtschaftsverhältnisse der Hominiden mithilfe der **Immunreaktion** aufklären.



Auf der Suche nach homologen Merkmalen betrachten wir jetzt also...

Im Laufe der Evolution haben sich die im Blutserum befindlichen Eiweiße (Proteine) immer weiter verändert. Der Verwandtschaftsnachweis beruht darauf, dass sich die Proteine unterschiedlich entwickelt haben, nachdem sich die Entwicklungslinien getrennt haben.

1. Lösungsschritt: Betrachtung homologer Merkmale

Es handelt sich bei den Proteinen um ein **homologes Merkmal**.

Die Proteine haben sich von einem **ursprünglichen Merkmal** immer weiter **abgeleitet**.



Proteine sind homologe Merkmale, da...

2. Lösungsschritt: Unterscheidung zwischen ursprünglichen und abgeleiteten Merkmalen

Je näher Lebewesen miteinander verwandt sind, desto ähnlicher müssen dementsprechend ihre Proteine sein. Sie besitzen mehr gemeinsame **abgeleitete Merkmale**.

Die Ähnlichkeit der Blutserumproteine lässt sich anhand der **Antikörper-Antigen-Reaktion** feststellen.



Als Nächstes betrachten wir also...

Alle körperfremden Strukturen können als Antigene wirken und die Bildung von Antikörpern bewirken.

Die Antikörper verbinden sich spezifisch nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip mit den Antigenen. Jeder Antikörper bindet so zwei Antigen-Strukturen und jedes Antigen mehrere Antikörper.

Auf diese Weise kommt es zu Verklumpungen (sogenannte Präzipitate).



Ein Präzipitat ist also...

Diese **Präzipitinreaktion** kann nun dafür genutzt werden, um herauszufinden, wie nah der Mensch mit den Gibbons, Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans verwandt ist.

Um die Verwandtschaftsbeziehungen innerhalb der Hominiden herauszufinden, benötigt man ein Tier, das verwandtschaftlich möglichst weit entfernt ist.

Hier kann das zum Beispiel ein Kaninchen sein. Diesem Tier wird dann menschliches Blutserum eingespritzt. Das Immunsystem des Kaninchens reagiert daraufhin mit der Bildung von Antikörpern gegen die körperfremden Proteine.

Nach einiger Zeit entnimmt man dem Kaninchen Blut und isoliert daraus das Blutserum. In diesem befinden sich die gegen die menschlichen Proteine gebildeten Antikörper. Deshalb nennt man es auch Anti-Human-Serum.

Das kann ich in der Abbildung nachvollziehen.

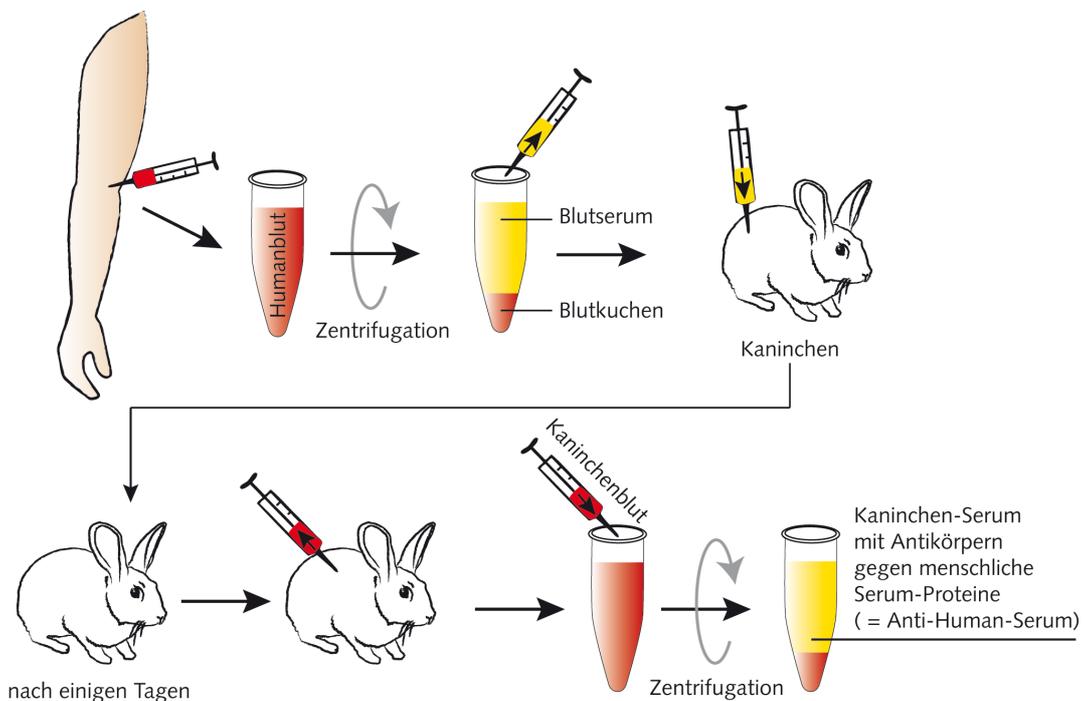


Abb. 6: Präzipitintest (Quelle: IPN).

Vermischt man das Anti-Human-Serum mit dem Blutserum verschiedener Wirbeltiere, so zeigen sich Unterschiede im Ausmaß der Verklumpung.

Durch die gebildeten Antikörper werden alle gelösten Proteine, die menschenähnlich sind, verklumpt. Diese Verklumpung wird als Ausfällung sichtbar. Das Ausmaß der Ausfällung beträgt beim Menschen 100%.



Das kann ich in der Abbildung unten sehen.

Die Ergebnisse der Präzipitinreaktion einiger Wirbeltiere sind in der folgenden Grafik dargestellt:

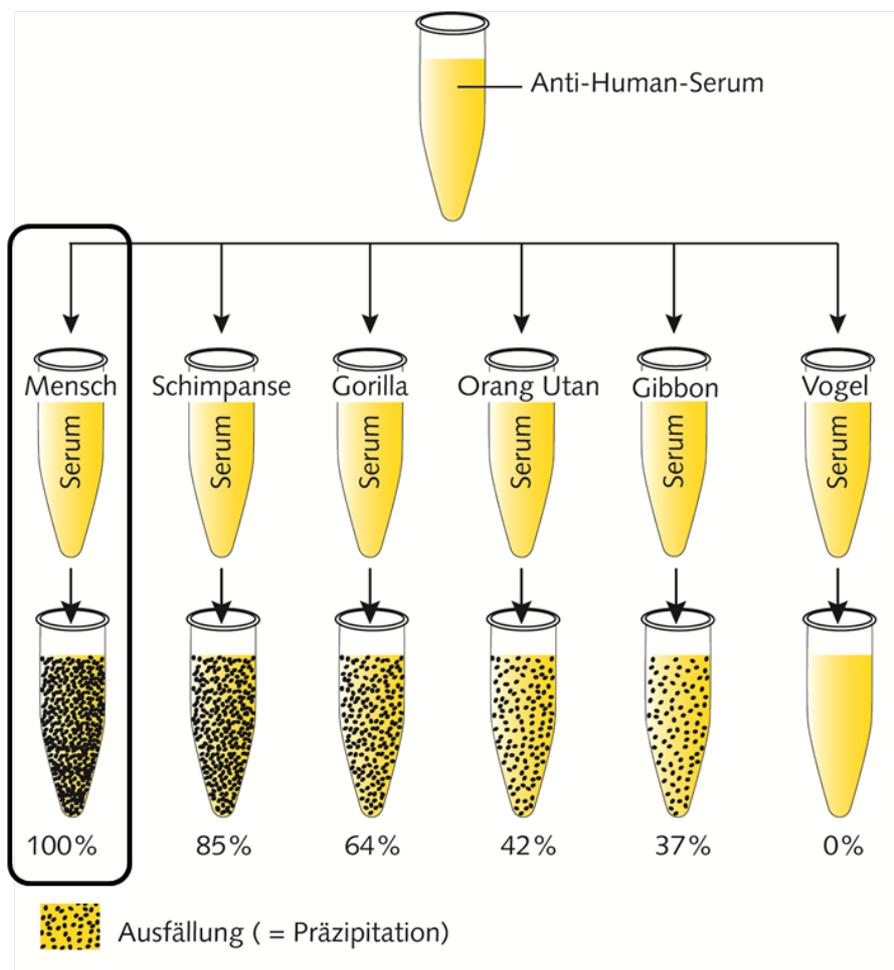
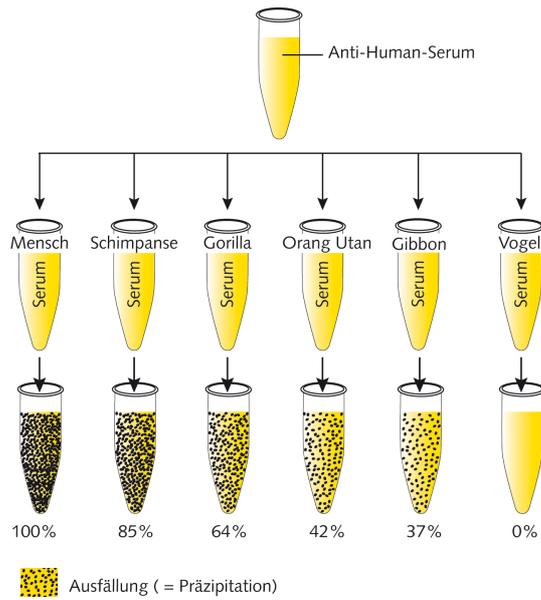


Abb. 7: Ergebnisse der Präzipitinreaktion einiger Wirbeltiere (Quelle: IPN).

Die Abbildung zeigt mir außerdem...





Bei der Vermischung des Antikörperserums mit dem Serum eines Schimpansen werden 85% der Proteine ausgefällt. Die restlichen 15% sind demnach schimpansenspezifisch. Beim Gorilla sind dann nur noch 64% der Proteine ähnlich zu den menschlichen Serumproteinen. Je weiter das Tier verwandtschaftlich vom Menschen entfernt ist, desto geringer ist die Ausfällung der Proteine.

Abb. 8: Ergebnisse der Präzipitinreaktion einiger Wirbeltiere (Quelle: IPN).



Der nächste Verwandte des Menschen ist also...

3. Lösungsschritt: Schlussfolgerung auf die Verwandtschaftsbeziehung

Aufgrund **abgeleiteter biochemischer Merkmale** ist erwiesen, dass der Schimpanse der nächste Verwandte des Menschen ist. Am weitesten entfernt verwandt sind die Menschen mit den Gibbons.

Die Vorfahren von Mensch und Schimpanse haben sich demnach zuletzt voneinander getrennt. Der ursprüngliche Gibbon und der gemeinsame Vorfahre von Orang-Utan, Gorilla, Schimpanse und Mensch stellen die erste Verzweigung im Stammbaum der Menschenartigen dar.

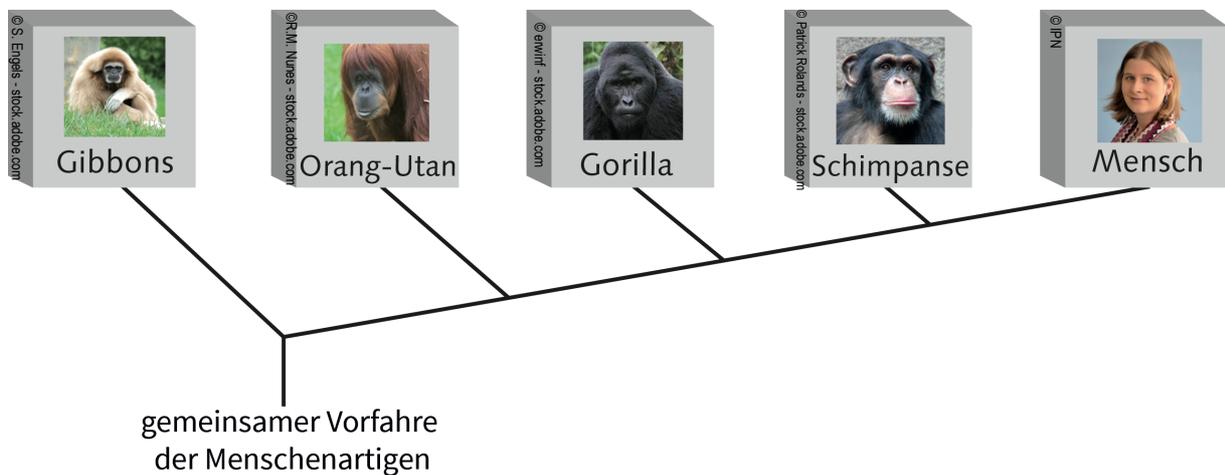


Abb. 9: **Stammbaum der Hominiden** (Quelle: IPN).