

Biologie 10. Klasse im LehrplanPLUS

3 Vergangenheit und Zukunft des Menschen

Thomas Nickl, Januar 2022

Inhalt:

[Allgemeine Vorbemerkungen](#)

[Zeitplan](#)

[3 Vergangenheit und Zukunft des Menschen](#)

- [3.1 Das natürliche System](#)
- [3.2 Aus der Geschichte des Lebens](#)
- [3.3 Der Mensch im natürlichen System](#)
- [3.4 Die Entwicklung des modernen Menschen](#)
 - [3.4.1 Fossilfunde](#)
 - [3.4.2 Hypothesen zur Entwicklung](#)
- [3.5 Populations-Entwicklung](#)
- [3.6 Kulturelle Evolution](#)

Allgemeine Vorbemerkungen

Zeitlicher Umfang: Wenn die Zeit knapp wird, kann dieser Abschnitt zur Not auch in 5 statt 7 Stunden absolviert werden. Vor allem die Abschnitte 3.3 und 3.4 sind aber so interessant, dass dafür auch mehr Unterrichtszeit reserviert werden könnte (Interesse der Klasse vorausgesetzt), z. B. in Form eines Projekttags.

In diesem Skript befindet sich mehr Informations-Material, als Sie im Unterricht verwenden können: Treffen Sie Ihre Auswahl.

Für die Nennung von Materialien erhalte ich keinerlei Vergünstigungen.

Hervorragende Artikel und gute Materialien finden Sie in Unterricht Biologie Kompakt: „**Evo- lution und Schöpfung**“, Nr. 333, April 2008

Zur eigenen Information ist folgendes Büchlein empfehlenswert: Friedemann Schrenk: „**Die Frühzeit des Menschen**“. Verlag C. H. Beck; 6. Auflage 2019

Die in diesem Skript aufgeführten Arbeitsblätter und weitere dort genannte Medien finden Sie auf meiner Webseite unter Materialien → Materialien Mittelstufe LehrplanPLUS → 10. Klasse; zusätzlich habe ich die docx- und pdf-Dateien der Arbeits- und Infoblätter in diesem Skript verlinkt.

Zeitplan

Der LehrplanPLUS sieht für den Lernbereich 4 „Vergangenheit und Zukunft des Menschen“ ca. 7 Unterrichtsstunden vor. Die folgende Tabelle zeigt einen Vorschlag für einen Zeitplan:

Nummer	Hauptabschnitte	Stunden
3.1	Das natürliche System	1
3.2	Aus der Geschichte des Lebens	1
3.3	Der Mensch im natürlichen System	1,5
3.4	Hypothesen zur Entwicklung des modernen Menschen	1,5
3.5	Populations-Entwicklung	1
3.6	Kulturelle Evolution	1
	Summe	7

3 Vergangenheit und Zukunft des Menschen

3.1 Das natürliche System (1 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Einteilung der Lebewesen in systematische Gruppen des natürlichen Systems: Reich, Stamm, Klasse	–
Vorwissen: Jgst. 6 Biologie , Lernbereich 1.4: Verwandtschaft der Wirbeltiere und Evolution Jgst. 9 Biologie , Lernbereich 5: Biodiversität bei Wirbellosen	Weiterverwendung: Oberstufe: Evolution

Nur wer die abgestufte Ähnlichkeit der Lebewesen erkannt hat, kann sich die Frage stellen, wie diese zu erklären ist, also die Frage nach der Evolution. Deshalb halte ich es für wichtig, das Phänomen der abgestuften Ähnlichkeit möglichst früh aufzuzeigen. Das Natürliche System macht sie sichtbar und greifbar.

Spätestens an dieser Stelle sollen die Schüler das Natürliche System explizit kennenlernen, wenn dies nicht schon in der 6. bzw. in der 9. Klasse geschehen ist. Der LehrplanPLUS verlangt hier nur drei systematische Kategorien, es ist aber sinnvoll, auch die Kategorien Art, Gattung, Familie und Ordnung zu berücksichtigen, weil dadurch die Abstufungen der Ähnlichkeit anschaulicher werden. Je nach dem Vorwissen der Schüler wird dieser Abschnitt mehr oder weniger Zeit beanspruchen. Eine reine Wiederholung kann in weniger als einer halben Unterrichtsstunde erfolgen, eine komplette Neubehandlung benötigt mindestens eine Stunde oder mehr.

Vorwissen: In der 6. Klasse sollen die Schüler laut LehrplanPLUS lernen, die Wirbeltierklassen zu benennen und aufgrund ihrer Eigenschaften zu unterscheiden. In der 9. Klasse sollen die Schüler wirbellose Tiere anhand ihrer typischen Merkmale bestimmten Gruppen zuordnen, wobei im LehrplanPLUS dort keine weiteren systematischen Kategorien genannt werden.

Sowohl zur Wiederholung als auch zur Neueinführung können die Arbeitsblätter zum Natürlichen System aus der 6. bzw. 9. Klasse eingesetzt werden (letztere aber nur dann, wenn sie im Vorjahr nicht verwendet worden sind):

Schritt 1: Zur ersten Einführung in die Natürliche Systematik eignet sich gut die Familie der Katzenartigen. Die meisten der im Arbeitsblatt aufgeführten Arten sind den Schülern bekannt. Merksätze:

- Ähnliche Arten werden zur gleichen Gattung zusammengefasst.
- Ähnliche Gattungen werden zur gleichen Familie zusammengefasst.

Arbeitsblatt Systematik Katzenartige (Art bis Familie) [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Schritt 2: Erweiterung und Wiederholung durch Berücksichtigung weiterer Familien aus der Ordnung Carnivoren, die den Schülern bekannt sind. Merksatz:

- Ähnliche Familien werden zur gleichen Ordnung zusammengefasst. (Usw.)

Arbeitsblatt Systematik Carnivoren (Art bis Ordnung) [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Aufgabe 1 auf dem **Aufgabenblatt** 6 „Vergangenheit und Zukunft des Menschen“ dient zur Wiederholung der beiden Formen von Ähnlichkeit (9. Klasse). Die Aufgaben 2 und 3 dienen der Wiederholung bzw. Einführung der sieben systematischen Hauptkategorien von Art bis Reich. Die Schüler erstellen anhand von Informationstexten grafische Darstellungen zum Natürlichen System: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Schülernahe Beispiele aus weiteren Wirbeltierklassen finden Sie hier:

Informationsblatt zur Systematik der Amphibien [[word](#)] [[pdf](#)]

Informationsblatt zur Systematik der Reptilien [[word](#)] [[pdf](#)]

In der 9. Klasse verlangt der LehrplanPLUS im Lernbereich 1 die Zuordnung wirbelloser Tiere zu ihren systematischen Kategorien (der Hinweis fehlt allerdings im Text zum Lernbereich 5 „Biodiversität bei Wirbellosen“). Wenn das im Vorjahr nicht geschehen ist, können folgende Arbeitsblätter aus der 9. Klasse eingesetzt werden:

Arbeitsblatt mit Stammbaum einiger wirbelloser Tierstämme [[word](#)] [[pdf](#)]

Arbeitsblatt zu den vier (rezenten) Klassen der Gliedertiere [[word](#)] [[pdf](#)]

Vorschlag für Lerninhalte in diesem Abschnitt:

- Jede Art erhält einen Doppelnamen: Gattungsname (groß geschrieben) und Artname (klein geschrieben).
- Die Natürliche Systematik ist der Versuch, die Lebewesen anhand ihrer Ähnlichkeit aufgrund von Verwandtschaft einzuordnen (nicht anhand von Ähnlichkeit aufgrund von Anpasstheit an ähnliche Umweltfaktoren). *
- Entsprechend der Abstufung ihrer Ähnlichkeit erfolgt die Einordnung der Arten hierarchisch, d. h. in mehreren Ebenen, den sog. systematischen Kategorien: Reich – Stamm – Klasse – Ordnung – Familie – Gattung – Art. (Merkhilfe für die letzten sechs: SKOFGA)
- Die Reiche der eukaryotischen Lebewesen sind:
Tiere: mehrzellige Lebewesen, deren Zellen weder Zellwand, noch Chloroplasten besitzen
Pflanzen: mehrzellige Lebewesen, deren Zellen eine Zellwand aus Cellulose sowie Chloroplasten besitzen
Pilze: ein- oder mehrzellige Lebewesen, deren Zellen eine Zellwand aus Chitin, aber keine Chloroplasten besitzen
Protisten: eukaryotische Mikroorganismen aus einer bis wenigen Zellen (die keine Pilze sind); keine einheitliche Gruppe (z. B. Pantoffeltierchen, Amöben, Euglena, Volvox)
- Allen Eukaryoten werden die Bakterien sowie die Archaeen gegenübergestellt. Diese Einzeller besitzen keinen Zellkern und sind deshalb Prokaryoten.

(Eukaryoten, Bakterien und Archaeen bilden die drei Domänen der Lebewesen, wobei die Archaeen mit den Eukaryoten enger verwandt sind als mit den Bakterien; aber das ist nicht Lerninhalt. Viren werden nicht zu den Lebewesen gezählt, weil ihnen wesentliche Merkmale dafür fehlen, v. a. Stoffwechsel, eigene Vermehrung, Wachstum.)

* Hier ist ein Hinweis angebracht, dass heute durch den Vergleich der DNA verschiedener Arten der Grad der Verwandtschaft sehr differenziert ermittelt werden kann.

3.2 Aus der Geschichte des Lebens (1 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Auftreten verschiedener Lebewesengruppen und des Menschen im Verlauf der Erdgeschichte	skizzieren den Verlauf der Geschichte des Lebens, um zu verdeutlichen, dass der moderne Mensch eine erdgeschichtlich junge Art ist.
Vorwissen: –	Weiterverwendung: –

Folgende Gruppen von Lebewesen sind den Schülern bereits gut bekannt: die Wirbeltiere (Unterstufe), die Gliedertiere sowie eukaryotische und prokaryotische Mikroorganismen (9. Klasse). In diesem Abschnitt soll thematisiert werden, wann in der Erdgeschichte diese Gruppen

zum ersten Mal aufgetreten sind und zwar unter Berücksichtigung ihrer Verwandtschaft. Als systematische Kategorien treten an dieser Stelle nur die im LehrplanPLUS genannten auf: Reich, Stamm und Klasse.

Für die Schüler ist die Erkenntnis wesentlich, dass die Zeit, in der es Menschen gibt, im Vergleich zum Alter der Erde nur einen Augenblick darstellt.

Aufgabe 4 auf dem **Aufgabenblatt** 6 „Vergangenheit und Zukunft des Menschen“ widmet sich der modellhaften Darstellung der Wirbeltierentwicklung in der Erdgeschichte; in Aufgabe 5 wird die Existenzdauer des Menschen berechnet, wenn das Alter der Erde auf 24 Stunden verkürzt wird. [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Vorschlag für Lerninhalte in diesem Abschnitt:

- Bereits sehr früh in der Erdgeschichte standen prokaryotische Einzeller, bei denen jeweils nach langen zeitlichen Abständen besondere Stoffwechselwege wie die Photosynthese oder die Zellatmung entstanden sind.
- Aus ihnen entwickelten sich eukaryotische Einzeller, die im Lauf der Zeit immer mehr Zellbestandteile aufwiesen wie z. B. Zellkern, Chloroplasten, Mitochondrien.
- Aus eukaryotischen Einzellern entwickelten sich nach langer Zeit einfache eukaryotische Mehrzeller, zunächst aus gleichartigen Zellen.
- Später spezialisierten sich Zellen der Mehrzeller, so dass Arbeitsteilung entstand (z. B. Fresszellen und Fortpflanzungszellen wie bei den heutigen Polypen).
- Noch später entwickelten sich Mehrzeller mit Organen.
- Die Abfolge der Wirbeltierklassen einschließlich der nach und nach entstandenen Merkmale sollte grafisch dargestellt werden. (Die jüngste Wirbeltierklasse sind die Vögel; sie und die Säugetiere gingen im Erdmittelalter aus Reptilien hervor.) Es ist sinnvoll, dabei die Erdzeitalter mit einzutragen.
- Der Mensch existiert erst seit sehr kurzer Zeit auf der Erde.

Die Schüler sollen verstehen, dass beispielsweise die Amphibien-Arten des Erdmittelalters völlig anders gestaltet waren als die heutigen Amphibien-Arten: Die Klasse Amphibien überdauerte eine lange Zeit, aber mit ständig wechselnden Arten und Gattungen. (Das gilt auch für alle anderen Gruppen.)

Zeitliche Dimension: Als Modell eignet sich gut eine Analogie über Strecken, z. B. entspricht ein Millimeter einer Million Jahren; wenn das Alter der Erde mit 4,5 Milliarden Jahren angesetzt wird, entspricht dies einer Länge von ca. 4,5 Metern. – Eine Alternative dazu ist eine Analogie über die Uhr, wobei 0 Uhr dem Alter der Erde entspricht und 24 Uhr der jetzigen Zeit. Am besten werden beide Modelle miteinander verglichen.

Die Umrechnung auf das Streckenmodell gestaltet sich recht einfach und ist auch grafisch schnell umgesetzt. In größerem Maßstab lässt sie so eine Zeitstrecke auch auf dem Schulgelände visualisieren. Die Umrechnung auf das Uhrenmodell wie auch dessen Darstellung ist deutlich komplexer und eignet sich deshalb besser für besonders interessierte Schüler (4,5 Milliarden Jahren entsprechen $24 \cdot 60 \cdot 60 = 86\,400$ Sekunden).

Die Erdzeitalter sind auf folgendem **Arbeitsblatt** für die 6. Klasse übersichtlich dargestellt (einschließlich eines Vorschlags für paläontologisches Grundwissen):

[\[word\]](#) [\[jpg\]](#) [\[pdf aus scan\]](#)

Konkrete Daten zur Auswahl:

[in eckigen Klammern jeweils neu hinzugekommene Eigenschaften bei Wirbeltieren]

- ca. 4,5 Mrd. a Alter der Erde
- 3,6-4 Mrd. a erste einfache prokaryotische Einzeller (anerob)
- 2,7 Mrd. a erste Cyanobakterien, die Fotosynthese betreiben (ab jetzt wird der hochreaktive Sauerstoff in die Umwelt entlassen; vor 2 Mrd. a betrug der Sauerstoff-Gehalt in der Atmosphäre 2-3 %; vor ca. 550 Mio. a stieg er ungefähr auf das heutige Niveau)
- ca. 1,5 Mrd. a erste eukaryotische Einzeller
- ca. 1 Mrd. a erste mehrzellige Organismen
- über 550 Mio. a erste wurmförmige Tiere
- ca. 540 Mio. a erste Weichtiere
- ca. 450 Mio. a erste Fische [Wirbelsäule, 2 Paar Gliedmaßen]
- ca. 380 Mio. a erste Amphibien [Lungenatmung]
- ca. 315 Mio. a erste Reptilien [Fruchtblase]
- knapp 200 Mio. a erste Säugetiere [Milchdrüsen, Haare*]
- ca. 150 Mio. a erste Vögel [Federkleid*]
- ca. 8 Mio. a Aufspaltung der Menschenaffen und Menschen innerhalb Familie der Hominiden
- ca. 2,5 Mio. a erste Arten der Gattung Homo
- ca. 0,3 Mio. a erstes Auftreten von Homo sapiens (archaische Formen)
- ca. 0,1 Mio. a erstes Auftreten von Homo sapiens (moderne Formen)

* Haare bzw. Federn gab es bereits bei zweibeinigen Dinosauriern (Theropoden), aus denen die Säugetiere bzw. die Vögel hervorgegangen sind. Sehr frühe Säugetier- bzw. Vogel-Merkmale, die bei Reptilien nicht auftreten, sind so speziell, dass sie Schülern kaum vermittelbar sind.

3.3 Der Mensch im natürlichen System (1,5 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Einordnung des modernen Menschen in das natürliche System	ordnen den modernen Menschen (<i>Homo sapiens</i>) unter Berücksichtigung anatomischer und molekularbiologischer Merkmale in das natürliche System ein.
Vorwissen: Jgst. 9 Biologie , Lernbereich 3: Genetik und Gentechnik Jgst. 10 Biologie , Skript-Abschnitt 3.1	Weiterverwendung: –

Die Evolution des Menschen ist im LehrplanPLUS kein Thema in der Oberstufe. Was Ihnen dazu wesentlich erscheint, müssen Sie in der 10. Klasse (Abschnitte 3.3-3.6) unterrichten, aber ohne dabei Ihre bisherigen Oberstufen-Materialien vollständig unterzubringen.

Spätestens jetzt sollen alle Schüler verstanden haben, dass der Mensch ein Säugetier und kein gottgleiches Wesen ist. Die Einordnung der menschlichen Formen in das Natürliche System erfolgt auf Art- und Gattungsebene unter Vorbehalt, weil neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu neuen Einschätzungen führen können. Hierbei ist zu betonen, dass es nicht eine Schwäche, sondern eine Stärke der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ist, wenn neue Erkenntnisse zu Veränderungen einer Modellvorstellung führen.

Wie tief und umfangreich Sie diesen Abschnitt gestalten, hängt von Ihren Vorlieben und vor allem von der Lernsituation in der Klasse ab. Der Abschnitt eignet sich gut für schülerorientiertes Arbeiten (Recherche in Fachbüchern und im Internet; Darstellung der Ergebnisse in Kurzreferaten). Auch bietet sich hier eine kritische Beurteilung wissenschaftlicher Daten und ihrer Interpretation an.

Die hier genannten wissenschaftlichen Namen sind selbstverständlich kein Lerninhalt, aber die Schüler sollten der Nomenklatur wiederholt begegnen.

Ich folge hier der Auffassung von Svante Pääbo (Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie, Leipzig), dass der Neandertaler (*Homo neanderthalensis*) eine eigene Art neben dem modernen Menschen (*Homo sapiens*) darstellt. (Er hält die genetischen Unterschiede für groß genug für diese Einordnung, auch wenn eine erfolgreiche Paarung zwischen beiden Formen nachgewiesen ist.)

Obligate Lerninhalte:

- Einordnung des Menschen in das Natürliche System (am besten in alle 7 Hauptkategorien) anhand seiner anatomischen und cytologischen Merkmale (Zellkern, keine Chloroplasten, keine Zellwand)
- Beispiele für molekularbiologische Merkmale (wie Basensequenz der DNA, Aminosäuresequenz von Proteinen) als Maß für Verwandtschaft

Hinweis: Der LehrplanPLUS verlangt hier keine Methodik; der (ohnehin veraltete) Präzipitin-Test als grobes Maß für Verwandtschaft gehört also definitiv nicht hierher! Die Kompetenzerwartungen im LehrplanPLUS beschränken sich auf anatomische und molekularbiologische Merkmale!

Fakultative Lerninhalte:

- anatomische Vergleiche zwischen dem modernen Menschen und den großen Menschenaffen (Gorilla, Schimpanse, Bonobo, Orang-Utan)

Bei der Einordnung des Menschen in das Natürliche System hat es in den jüngeren Vergangenheit eine dramatische Änderung gegeben, nachdem DNA von Mensch und Schimpanse sequenziert wurde. Das Ergebnis zeigte so geringe Unterschiede, dass der Mensch nunmehr in die gleiche Familie wie die großen Menschenaffen (früher unterschied man die Familien Homniden und Pongiden) eingeordnet wird: die Familie **Hominidae = Menschenaffen**.

Einordnung in das Natürliche System:

In der folgenden Übersicht sind in eckigen Klammern typische Gruppenmerkmale angegeben:

Reich	Tiere (Animalia) [eukaryotische Mehrzeller mit Zellen ohne Zellwand, ohne Chloroplasten]
Stamm	Wirbeltiere (Vertebrata) [Wirbelsäule, Innenskelett aus Knochen]
Klasse	Säugetiere (Mammalia) [Haut mit Haaren bedeckt; vierkammeriges Herz; Weibchen mit Gebärmutter und Milchdrüsen; Thermoregulatoren = gleichwarme Lebewesen]
Ordnung	Herrentiere (Primates) mit über 300 Arten [meist fünffingrige Extremitäten; meist flache Zehen- und Fingernägel; hochentwickelte visuelle Wahrnehmung; Augen meist nach vorne gerichtet; relativ großes Gehirn; Tragzeit und Stillzeit vergleichsweise lang ¹⁾]
Familie	(neu) Menschenaffen (Hominiden) mit 8 rezenten Arten in 4 Gattungen [Schwanzwirbelsäule zum Steißbein verkürzt; vergleichsweise breites Becken; Knick im Bereich des Kreuzbeins; 32 Zähne ²⁾]
Gattungen/Arten	<p>Orang-Utan (<i>Pongo</i>) [kleine Überaugenwülste; kleine, eng zusammen stehende Augen; Kehlsack und Wangenwülste bei männlichen Tieren]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Borneo-Orang-Utan (<i>P. pygmaeus</i>) • Sumatra-Orang-Utan (<i>P. abelii</i>) • Tapanuri-Orang-Utan (<i>P. tapanuliensis</i>) <p>Gorilla (<i>Gorilla</i>) [kurze Schnauze; große Nasenlöcher]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Westlicher Gorilla (<i>G. gorilla</i>), 2 Unterarten • Östlicher Gorilla (<i>G. beringei</i>), 2 Unterarten

Schimpanse (*Pan*) [große Überaugenwülste; große Augen; große, runde Ohren]

- Gemeiner Schimpanse (*P. troglodytes*)
- Bonobo (*P. paniscus*)

Mensch (*Homo*) [große Augen; doppelt S-förmig gebogene Wirbelsäule; Hinterhauptsloch zentral; großer Zeh nicht opponierbar (kein Greiffuß); Daumen opponierbar (Greifhand); besonders großes Gehirn]

- Moderner Mensch (*H. sapiens*) [keine Überaugenwülste; keine Schnauze; flache Hinterhaupt; stark reduzierte Körperbehaarung; Schweißdrüsen fast überall auf der Haut]

1) Obwohl die Ordnung Primaten vergleichsweise einheitlich ist, besitzt sie keine so charakteristischen Ordnungsmerkmale wie beispielsweise das Raubtiergebiss bei den Carnivoren. Die typischen Gruppenmerkmale treffen nicht streng auf alle Arten zu.

2) 32 Zähne besitzen alle Altweltaffen = Schmalnasenaffen (Catarrhini), also auch Paviane oder Meerkatzen. Dies kann im Unterricht aber nicht berücksichtigt werden, weil es nicht sinnvoll ist, Zwischenkategorien der natürlichen Systematik zu thematisieren.

Molekulargenetische Merkmale:

Je höher die Übereinstimmung bei gleichen DNA-Abschnitten (in der Regel: protein-codierende Gene wie z. B. das Gen für einen Natrium-Ionen-Kanal) ist, desto enger ist die Verwandtschaft. Aufgrund der Häufigkeit der Basenunterschiede in der DNA kann abgeschätzt werden, wie lange die Trennung der Entwicklungslinien her ist.

Die konkreten Zahlenangaben können unterschiedlich ausfallen, je nachdem, welche DNA-Abschnitte untersucht wurden. So schwanken die Werte für die Übereinstimmung der DNA des Menschen mit der des Schimpansen zwischen 99,4 % und 98,4 %. (So untersuchte die US-amerikanische Gruppe um Morris Goodman von der Wayne State University in Detroit 90 000 Nukleotide in 97 Genen und kam dabei auf den Wert von 98,4 %.)

Obwohl die DNA von Mensch und Schimpanse sehr weitgehend übereinstimmt, sind beide Arten dennoch ziemlich unterschiedlich gestaltet. Diese Unterschiede beruhen vor allem auf der Genregulation, d. h. davon, welche Gene überhaupt abgelesen werden. Dies ist ein Argument gegen die Forderung, Schimpanse, Bonobo und Mensch der selben Gattung zuzurechnen (derart geringe DNA-Unterschiede führen allerdings in anderen Fällen sogar dazu, zwei Formen als Unterarten der selben Art zu betrachten!).

Mit Aufgabe 6 auf dem **Aufgabenblatt 6** „Vergangenheit und Zukunft des Menschen“ erstellen die Schüler anhand von Daten zur genetischen Übereinstimmung einen einfachen Stammbaum der Hominiden. [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Genetische Übereinstimmung zwischen dem modernen Menschen und vier großen Menschenaffen in Prozent:

Große Menschenaffen-Art	Quelle 1	Quelle 2	Quelle 3
Orang-Utan (<i>Pongo pygmaeus</i>)	96,4	–	96,4
Gorilla (<i>Gorilla gorilla</i>)	97,7	98,25	97,7
Schimpanse (<i>Pan troglodytes</i>)	bis 99,4	98,7	98,4
Bonobo (<i>Pan paniscus</i>)	bis 99,4	98,7	–

Quelle 1: Johanson/Edgar 1998; Wildman et al. 2003; Hecht 2003; www.tier-enzyklopaedie.de; Bublath 2007, zitiert in: Norbert Kluge „Was der Mensch mit seinen im Tierreich genetisch nächsten Verwandten gemeinsam hat - und was nicht“, Beiträge zur Sexualwissenschaft und Sexualpädagogik, Juni 2008

Quelle 2: Kay Prüfer (Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology in Leipzig) et al.: Nature, doi:10.1038/nature11128 © wissenschaft.de – Martin Vieweg; zitiert in: <https://www.wissenschaft.de/geschichte-archaeologie/unsere-verwandten-unter-der-genetischen-lupe>: (Aufruf: 5.1.2022)

Quelle 3: Margit Schmidt (Hrsg.): Biologie 10 Gymnasium Bayern, C. C. Buchner 2022, S. 155, Abb. B2

Diese Tabelle kann einer Übung im kritischen Umgang mit Quellen dienen: Die von mir angegebenen Quellen sind Sekundärquellen, keine Primärquellen; die Messungen basieren offensichtlich auf unterschiedlichen Grundlagen, die aber nicht genannt sind.

Genetische Übereinstimmung zwischen großen Menschenaffen-Arten in Prozent:

Schimpanse – Orang Utan:	96,4 %	} (Quelle 3)
Schimpanse – Gorilla:	97,8 %	
Orang-Utan – Gorilla:	96,4 %	
Schimpanse – Bonobo:	99,6 %	(Quelle 2)

Zeitangaben (kein Lerninhalt):

Ordnung Primaten: Ursprünge vermutlich bereits in der späten Kreidezeit

erste Primaten ohne Schwanz: vor ca. 23 Mio. a

Abspaltung der Linie Orang-Utan: vor ca. 16 Mio. a

Abspaltung der Linie Gorilla: vor ca. 8 Mio. a

Abspaltung der Linie Vormenschen: vor ca. 6-7 Mio. a

Aufspaltung von Schimpanse und Bonobo: vor ca. 1,5-2,5 Mio. a

Ggf. **anatomische Vergleiche** zwischen Schimpanse und Mensch bezüglich:

- Form des Unterkiefers (rechteckig oder paraboloid)
- Eckzähne (groß mit Lücke im gegenüberliegenden Kiefer oder klein ohne Lücke)
- Überaugenwülste (vorhanden oder fehlend)
- Hinterhauptsloch (weit hinten oder zentral)
- Gehirnschädel im Vergleich zum Gesichtsschädel (kleiner oder größer)
- durchschnittliches Gehirnvolumen (Schimpanse: Weibchen 370 cm³, Männchen 400 cm³; Mensch: Frauen 1330 cm³, Männer 1446 cm³ ¹⁾)
- Fuß (Greiffuß mit opponierbarer Großer Zehe oder Lauffuß)
- Hand (Daumen nicht opponierbar: „Affengriff“ oder opponierbar: Greifhand)
- Becken (eher lang und schmal oder kurz und breit)
- Wirbelsäule (C- oder doppelt-S-förmig)
- Körperschwerpunkt im Stehen (vor den Beinen oder genau zentral)

Hierbei sollte der Bezug zur Lebensweise, v. a. zum aufrechten Gang, hergestellt werden.

Am Ende sollten die Schüler sich mit der Aussage, der Mensch stamme „vom Affen“ ab, kritisch auseinandersetzen. (Aufgabe 7 auf dem **Aufgabenblatt** 6 „Vergangenheit und Zukunft des Menschen“). [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Hierzu kann auch die Karikatur gezeigt werden, in der Charles Darwin mit einem Schimpansen-Körper dargestellt ist. Das Missverständnis dabei ist, dass der Schimpanse als Vorfahre des Menschen betrachtet wird, während Schimpanse und Mensch in ferner Vergangenheit einen gemeinsamen Vorfahren hatten. (In seinem Hauptwerk *The Origin of Species* betont Darwin mehrfach, dass Mensch und Schimpanse einen gemeinsamen Vorfahren haben, der Schimpanse also nicht Vorfahr des Menschen ist.)

Zum Vergleich der Gehirnvolumina (kein eigentlicher Lerninhalt, ich gebe hier nur Informationen für den Fall einer vertieften Behandlung): Dabei gilt es, nicht nur das absolute Gehirnvolumen zu vergleichen, sondern auch das Verhältnis zwischen Gehirn- und Körpermasse ¹⁾:

Art	Geschlecht	durchschnittliches Gehirnvolumen in cm ³	Relation Gehirnmasse zu Körpermasse
Homo sapiens	♂	1446	1:50
	♀	1330	1:45
Schimpanse (<i>Pan troglodytes</i>)	♂	399	1:115
	♀	371	1:110
Gorilla	♂	535	1:330
	♀	456	1:190
Orang-Utan	♂	434	1:175
	♀	375	1:110
Gibbon	♂	103	1:60
	♀	100	1:50

1) Quelle: <https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/gehirnvolumen/4125>, aufgerufen am 6.1.2022

3.4 Die Entwicklung des modernen Menschen (1,5 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
ausgewählte Fossilfunde, Hypothesen zur Entwicklung des modernen Menschen (Savannenhypothese, ggf. weitere) <i>naturwissenschaftlicher Erkenntnisweg (Fragestellung, Hypothese, Planung und Durchführung von naturwissenschaftlichen Untersuchungen, Datenauswertung (ggf. digital) und Dateninterpretation): u. a. Hypothesenprüfung (Lernbereich 1)</i>	leiten aus Merkmalen fossiler Funde Hypothesen zur biologischen Evolution des modernen Menschen ab, um die zeitliche Reihenfolge eines Evolutionsprozesses zu rekonstruieren
Vorwissen: Jgst. 10 Geographie , Lernbereich 3: Klima- und Vegetationszonen (zum Begriff „Savanne“)	Weiterverwendung: –

Die Zahl der Fossilfunde von Vorfahren des modernen Menschen nahm in den letzten Jahrzehnten rapid zu. Deshalb werden etliche Detailfragen ständig neu beantwortet. Insgesamt ist die Anzahl der humanoiden Fossilfunde im Vergleich zu anderen Tiergruppen aber recht gering, so dass ein neuer Fund relativ leicht zu Veränderungen in der Modellvorstellung führen kann. Im Unterricht sollte die Geschichte der Menschwerdung deshalb nur in sehr groben Zügen dargestellt werden, von denen anzunehmen ist, dass sie noch länger Bestand haben.

Wenn genügend Zeit ist, kann exemplarisch eine Ausgrabungs-Geschichte näher betrachtet werden. Der „Klassiker“ ist Lucy, das Skelett eines weiblichen *Australopithecus afarensis*, das 1974 im äthiopischen Afar-Dreieck von Donald Johanson entdeckt wurde, während vom Cassetten-Recorder „Lucy in the Sky with Diamonds“ von den Beatles lief. Das Buch von Johanson ist spannend und kompetent geschrieben und eine gute Lektüre für naturwissenschaftlich interessierte Schüler. Das Buch über den Turkana-Jungen (frühe Art der Gattung *Homo*, 1984 in Kenya entdeckt) von A. Walker und P. Shipman beschreibt dessen Ausgrabungs-Geschichte, hat mir aber nicht ganz so gut gefallen wie „Lucy“. Amüsant ist auch die Entdeckungsgeschichte des Java-Menschen (*Homo erectus*): Eugène Dubois vermutete im Orang-Utan den nächsten Verwandten des Menschen, suchte deshalb auf Java nach menschlichen Fossilien und wurde zufällig fündig. Seine Hypothese, der Mensch habe sich in Indonesien entwickelt, hat sich allerdings als falsch erwiesen, *Homo erectus* entstand nach heutigem Wissen in Afrika und wanderte gen Osten aus.

Bei genügend Unterrichtszeit (z. B. Projekttag) und entsprechendem Schülerinteresse kann das Leben der Neandertaler in den Fokus genommen werden: Angepasstheiten an Kaltzeiten? Hat-ten sie eine Sprache (das FOXP2-Gen, das sonst nur *H. sapiens* besitzt und direkt mit Sprech-fähigkeit zu tun hat, ist ein Argument dafür)? Warum sind sie ausgestorben?

Für die Schüler wichtig ist die Erkenntnis, dass wissenschaftliche Ergebnisse wie die Altersangabe für ein Fossil oder die Einordnung in das Natürliche System immer vorläufig sind. Das bedeutet nicht, „dass die Wissenschaftler es auch nicht wirklich wissen“, sondern dass wissenschaftliche Erkenntnis ein Prozess ist, bei dem die Datenlage ständig vergrößert und verbessert wird, und bei dem deshalb die Modellbildung (z. B. bei den Kriterien der systematischen Zuordnung) Veränderungen unterliegen kann. Dazu kommen auch menschliche Schwächen, wenn z. B. das Fundteam des Turkana-Jungen dafür plädiert, ihn einer eigenen Art (*Homo naledi*) zuzuordnen (was eine höhere Ehre für die Forschenden bedeuten würde), während andere Paläontologen ihn bei *Homo erectus* oder *Homo ergaster* einordnen. Die Unsicherheit bei diesem Beispiel beruht auf der ziemlich dünnen Faktenlage (nur ein einziges Skelett und das auch nicht ganz vollständig). Ähnliches gilt für den „*Homo antecessor*“, der in Atapuerca (Fundstätte: Gran Dolina) nahe der spanischen Stadt Burgos ausgegraben wurde und von anderen Forschern *H. erectus* oder *H. heidelbergensis* zugeordnet wird.

Wissenschaftliche Modellbildung ist immer auch abhängig von der jeweiligen Gesellschaft. So wurden frühe Funde von Dinosauriern zunächst als Skelette von Drachen interpretiert, als man von deren Existenz noch überzeugt war. 1726 stellte der Schweizer Naturwissenschaftler Johann Jakob Scheuchzer das Skelett eines ausgestorbenen Riesensalamanders als Überreste eines in der Sintflut ertrunkenen Menschen vor. Wer weiß, was man in 200 Jahren über unsere Modelle von der Welt sagen wird?

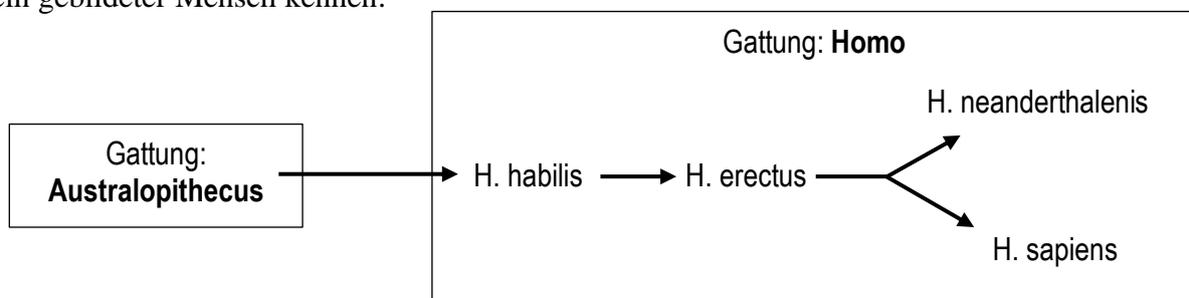
Schüler wollen immer wissen, „wie es wirklich / in Wahrheit ist“. Wissenschaft ist zwar stets auf der Suche nach möglichst wirklichkeitsgetreuen Modellen, kann aber „die Wahrheit“ aus Prinzip nicht finden, allenfalls Evidenzen. Diese Erkenntnis ist wesentlich für das Verständnis von Naturwissenschaften, ist aber unbequem und wird von einem Großteil der Menschen nicht gern akzeptiert bzw. nicht verstanden. Hier ist eine Stelle im Unterricht, an der diese Problematik erörtert werden sollte.

Das Projekt „**Hominids for School**“ bietet für 600 € einen Koffer mit evaluierten Unterrichtsmaterialien an, durch dessen Kauf eine afrikanische Schule mit den gleichen Materialien ausgestattet wird. <https://www.hominidsforschools.de/>

Ein großartiges und an manchen Stellen etwas provokatives Werk zu diesem Thema ist „Das Rätsel der Menschwerdung: Die Entstehung des Menschen im Wechselspiel mit der Natur“ von Josef H. Reichholf und Fritz Wendler; dtv 1997.

3.4.1 Fossilfunde

Die folgende Reihung und die im folgenden Schema genannten Art- und Gattungsnamen sollte ein gebildeter Mensch kennen:



Wichtig: Dies ist nur eine zeitliche Abfolge, keine Ahnenreihe. Weitere Arten können selbstverständlich vorgestellt und zeitlich eingeordnet, sollten aber nicht zum Lerninhalt erklärt werden. Erwähnt werden sollte, dass bis zum Aussterben von Neandertaler und Denisova-Mensch stets mehrere Menschenarten gleichzeitig lebten, teilweise sogar im gleichen Lebensraum, und es die absolute Ausnahme darstellt, dass heute nur noch eine einzige Menschen-Art existiert.

Achten Sie darauf, dass andere Menschenarten nicht abschätzig betrachtet werden. Die Neandertaler waren geschickte Werkzeughersteller und Jäger, konnten wahrscheinlich sprechen und dachten vermutlich sogar spirituell (Bestattungen), womöglich waren sie dem Homo sapiens während der Kaltzeiten sogar überlegen. Wenn Sie von Neandertalern sprechen, sagen Sie: Leute, Männer, Frauen usw.

Wenn Schülergruppen arbeitsteilig verschiedene Fossilfunde vorstellen sollen, ist sicher zu stellen, dass pro Fossil nur wenige Fakten vorgestellt werden und das in sehr kurzer Zeit, damit die Schüler nicht in einer Flut von Einzelheiten ertrinken oder sich langweilen! Am besten werden die Regeln zusammen mit den Schülern erarbeitet.

Zeitangaben vor jetzt:

erster bekannter Vorfahr mit menschentypischen Merkmalen (*Sahelanthropus*): ca. 7 Mio a

Gattung *Australopithecus*: (grob) 4-2 Mio a → aufrechter Gang, primitive Steinwerkzeuge

Gattung *Homo*: seit 2,8 Mio a

Art *Homo sapiens*: frühe Formen seit 300 000 oder 200 000 a (unsichere Datenlage)

anatomisch moderner *Homo sapiens*: 100 000 a

Namen:

Australopithecus – australis, lt.: südlich (vom europäischen Standpunkt aus!); *pitekos*, altgr.: Affe

Homo – homo, lt.: Mensch

Homo habilis – habilis, lt.: geschickt, fähig, begabt

Homo erectus – erectus, lt.: aufgerichtet (von *erigere*: aufrichten)

Homo sapiens – sapiens, lt.: verständig, gescheit, klug vernünftig (*keine ethische Wertung, sondern nur ein Hinweis auf das außergewöhnlich große Gehirn*)

Wesentliche menschentypische Merkmale an Fossilien (zur Auswahl):

a) aufrechter Gang: Form des Beckens, Lage des Hinterhauptlochs, Form der Füße (die Form der Wirbelsäule ist kein schlagendes Argument, weil sie aus lauter einzelnen Wirbeln sehr schwer korrekt zu rekonstruieren ist)

b) Rückbildung der Schnauze

c) Rückbildung der Eckzähne

d) Gehirngröße: gemessen wird die Größe des Hohlraums (beim rekonstruierten Schädel, denn vor allem alte Schädel sind zerbrochen, zerquetscht und unvollständig); beim Neandertaler wird vermutet, dass ein Teil des Schädelhohlraums nicht von Gehirn ausgefüllt war, sondern von wärmeisolierenden Räumen um das Gehirn.

Homo sapiens: im Durchschnitt Frauen 1330 cm³, Männer 1446 cm³ ¹⁾ (nach anderen Quellen: Frauen 1130 cm³, Männer 1270 cm³; den Grund für diese große Diskrepanz kenne ich nicht.)

Homo neanderthalensis: 1200-1750 cm³; im Durchschnitt 1400 cm³ (jedenfalls wohl höher als bei *Homo sapiens*)

Homo erectus: 800-1200 cm³

Homo habilis: 600-700 cm³; *H. habilis* war kleiner als *H. erectus*

Australopithecus afarensis: 450-550 cm³ („Lucy“)

Australopithecus africanus: 400-500 cm³; entspricht in Körper- und Gehirngröße etwa dem Schimpansen

3.4.2 Hypothesen zur Entwicklung

Für einen humorvollen Einstieg eignet sich das Gedicht „Die Entwicklung der Menschheit“ von Erich Kästner: „Einst haben die Kerls auf den Bäumen gehockt ...“ (Obwohl inzwischen feststeht, dass unsere Vorfahren Bodenbewohner mit geraden Fingerknochen waren, während Hangler wie Schimpansen gebogene Fingerknochen besitzen).

Der LehrplanPLUS nennt explizit die Savannen-Hypothese, die aber mittlerweile als widerlegt gilt. Auch an diesem Beispiel sollte gezeigt werden, wie wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung funktioniert: Es wird eine plausible Hypothese aufgestellt, die überprüfbar und damit auch falsifizierbar ist (der wesentliche Unterschied zum Glauben!). Dabei sollte betont werden, dass es eine großartige Leistung darstellt, eine solche Hypothese zu erstellen, auch wenn sie später falsifiziert wird (vgl. Biologie 10 Gymnasium Bayern von C. C. Buchner, 2022, S. 164).

Den Begriff „Savanne“ kennen die Schüler aus dem Geographie-Unterricht in der 10. Klasse (Lernbereich 3 von 5).

Aussagen der Savannen-Hypothese:

Die Vorfahren der Vormenschen war Vierbeiner (wie die heutigen großen Menschenaffen) und lebten vorwiegend hangelnd in Bäumen. Durch einen Klimawandel vor 7-8 Millionen Jahren sank die Niederschlagsmenge in Afrika, so dass der Wald von der Savanne zurück gedrängt wurde (Savanne = tropisches Grasland, von Gehölzen nur locker durchsetzt). Die Vorfahren der Menschen wechselten ihren Lebensraum vom Wald in die offene Landschaft der Savanne. Dort setzten sich Anpassungen wie der aufrechte Gang durch.

Vergleich der Selektionsfaktoren in den beiden Lebensräumen:

tropischer Regenwald	Savanne
Bewegung auf dem Boden mühselig wegen mächtigen Wurzeln und auf den Boden gefällener Äste und Stämme; Bewegung im Geäst durch Hangeln	schnelle Bewegung am Boden, aber hohes Gras behindert die Sicht → aufrechter Gang als Anpassung
Sicht stark beschränkt durch Blätterwerk und geringer Lichtstärke in Bodennähe; Kommunikation vorwiegend akustisch	weite Sicht (oberhalb des Grases) → aufrechter Gang als Anpassung
Nahrung befindet sich vorwiegend in den Baumkronen	Nahrung befindet sich vorwiegend auf dem Boden bzw. in Bodennähe

Auswirkungen von Anpassungen (die freilich als Präadaptation zumindest bei einigen Individuen der Population schon vorhanden sein müssen, bevor sie sich bei einer Veränderung der Umwelt als vorteilhaft erweisen können):

- **aufrechter Gang** (Veränderungen im Fußgewölbe, beim Becken, bei der Lage des Hinterhauptslochs, Doppel-S-Form der Wirbelsäule) ermöglicht Fernsicht: Kommunikation über weite Strecken, Sichtung von Fressfeinden wie Löwen, Sichtung von Beute bzw. Geiern, die verraten, wo Aas liegt; bei der Fortbewegung sind die Hände frei zum Tragen des Nachwuchses bzw. von Waffen. Weite Strecken können vergleichsweise rasch überwunden werden. Bei der Nahrungssuche im Geäst von Bäumen erweitert das Aufrichten des Körpers die Reichweite der Arme. Bei der Nahrungssuche im Flachwasser ist der aufrechte Gang von Vorteil (auch heutige Schimpansen und Gorillas gehen aufrecht, wenn sie im Flachwasser nach Nahrung suchen [vgl. Friedemann Schrenk: Die Frühzeit des Menschen. Verlag C. H. Beck]).

- Reduktion der Eckzähne (fakultativ): ermöglicht durch die intensive Nutzung von Werkzeugen (Schimpansen töten ihre Beute meist mit den Zähnen, Menschen nicht). Die Reduktion der Eckzähne ist die zweite Entwicklung Richtung Mensch. Nach Friedemann Schrenk liegt die Hauptbedeutung der großen Eckzähne bei den Schimpansen aber weniger in der Jagd, sondern vor allem im Imponiergehabe. Dass bei den Vormenschen dieses Droh-Organ fehlt, könnte darauf hindeuten, dass sie mehr kooperiert haben und bezüglich der Fortpflanzung Aggressivität durch Attraktivität ersetzt wurde.
- Greifhand mit opponierbarem Daumen: spezialisiert aufs Nicht-Spezialisiert-Sein, also sehr vielfältig einsetzbar, u. a. zur Herstellung vielfältiger Werkzeuge, Behausungen, Kleidung (dadurch Eroberung völlig neuer Regionen). Diese Greifhand ist Voraussetzung für eine differenzierte kulturelle Evolution.
- enorme Vergrößerung des Großhirns: enorme kognitive Fähigkeiten wie Planung in die Zukunft, große Speicherkapazitäten für Erfahrungen, Entwicklung einer differenzierten Wortsprache usw. Diese Entwicklung setzt aber erst relativ spät ein.
- Verlust der Behaarung: ermöglicht Schwitzen auf der gesamten Körperoberfläche, so dass bei weiten Wanderungen bzw. anstrengenden Jagden die durch Muskelarbeit freigesetzte Wärme an die Umgebung abgegeben werden kann (nur wenige Tiere verfügen über derart viele Schweißdrüsen wie der Mensch).

Falsifizierbarkeit der Savannen-Hypothese:

Eine wissenschaftliche Hypothese ist ein Modell, das die Möglichkeit zur Überprüfung beinhalten muss. Treten eindeutige Befunde auf, die dem Modell widersprechen, gilt es als falsifiziert.

Die Savannen-Hypothese setzt voraus, dass sich vor etwa 7-8 Millionen Jahren in Afrika die Savanne auf Kosten von Wäldern stark ausgebreitet hat. Savanne lässt sich fossil nachweisen durch Überreste ihre Bewohner (Pflanzen, Tiere).

Gemäß der Savannen-Hypothese lebten aufgrund ihrer Anpassungen die Vormenschen in der Savanne und nicht in Waldbiotopen.

Falsifizierung der Savannen-Hypothese:

- Neue Funde von Australopithecus-Fossilien zeigten Begleitfossilien von Wirbeltieren, die typisch für lichte Wälder, Auwälder und Galeriewälder waren.
- Bei den Fossilien des Vormenschen *Ardipithecus ramidus* (4,4 Mio. a) wurden Fossilien von typisch waldbewohnenden Schlank- und Stummelaffen sowie von Pollen, die für Mischwälder typisch sind, gefunden.

Die Vormenschen lebten also eher in Wäldern als in der Savanne. Damit ist die Savannen-Hypothese falsifiziert. (Das bezieht sich ausschließlich auf die Zeit der Vormenschen, nicht auf die Gattung Homo.)

Alternative Hypothesen:

Der aufrechte Gang kann auch in einem Waldbiotop einen Selektionsvorteil darstellen (aufrechtes Balancieren auf Ästen; Überwindung kürzerer Strecken auf dem Boden, v. a. ab der Zeit, als sich der Abstand zwischen den Bäumen aufgrund steigender Trockenheit vergrößerte). Heute gilt als erwiesen, dass der aufrechte Gang im Zeitraum von vor 5-8 Millionen Jahren mehrmals unabhängig voneinander entstanden ist.

Vor 8-10 Millionen Jahren wurde das Klima in Afrika trockener, so dass sich die Savanne auf Kosten der Wälder nach und nach ausdehnte. Die Vormenschen blieben aber im Bereich der Wälder.

Ardipithecus ramidus (bzw. andere Vormenschen-Arten wie *Sahelanthropus*) konnte sich mit seinen langen Armen durch Hangeln gut in Baumkronen fortbewegen, die Strecke zwischen den Bäumen wurde auf dem Boden im aufrechten Gang überwunden (letzteres machen die großen Menschenaffen heute noch so, aber nicht so geschickt).

Erst 2 Millionen Jahre später übersiedelten die Vorfahren der Menschen in die Savanne und nutzten dort die Vorteile des bereits lange existierenden aufrechten Ganges. So konnten sie einer wichtigen Nahrungsquelle, den wandernden Tierherden, über weite Strecken folgen.

3.5 Populations-Entwicklung (1 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Gegenwart und Zukunft des Menschen: Populationsentwicklung	–
Vorwissen: –	Weiterverwendung: –

Dieser Abschnitt eignet sich hervorragend für schülerzentriertes Arbeiten, wobei die Schüler selbst recherchieren und die Ergebnisse präsentieren.

Kurze Wiederholung des Begriffs „exponentielles Wachstum“ (9. Klasse, 10. Klasse). Das Besondere am Populationswachstum des Menschen besteht darin, dass die Verdopplungszeit nicht konstant bleibt (z. B. bei Bakterien unter optimalen Bedingungen 20 Minuten), sondern sich ständig verkürzt. So eine Entwicklung nennt man superexponentielles Wachstum (in jüngster Zeit verkürzt sich die Verdopplungszeit allerdings nicht mehr).

Bei Aufgabe 1 des **Arbeitsblattes** „Populations-Entwicklung des Menschen“ beschreiben die Schüler eine zeitlich verzerrte Darstellung der Bevölkerungszunahme, kritisieren diese Darstellung und erstellen eine eigene (unverzerrte). Bei Aufgabe 2 berechnen Sie die Verdopplungszeiten. [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Wesentliche Lerninhalte:

- superexponentielles Wachstum der Erdbevölkerung
- Diskussion von Prognosen zur künftigen Entwicklung der Erdbevölkerung (verschiedene Szenarien bei unterschiedlichen Annahmen; Diagramme dazu in den Lehrbüchern bzw. im Internet)
- Probleme des Bevölkerungswachstums (Wohnraum, zur Ernährung nötige Agrarflächen, Umweltbelastungen, Energiebedarf, sonstige Rohstoff-Ressourcen usw.)
- Maßnahmen zur Begrenzung des Bevölkerungswachstums (z. B. Recherche, welche Lebensbedingungen in Ländern mit besonders hohem Bevölkerungswachstum herrschen; ggf. Effekte der 1-Kind-Politik in China usw.)

Weiterführende Informationen und Daten über Prognosen zur Entwicklung der Weltbevölkerung (Stand: 2022) finden sie hier: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Wenn in der 9. Klasse keine Gelegenheit war, den Ökologischen Fußabdruck im Unterricht zu behandeln, dann ist hier eine gute Gelegenheit dazu. Der Zeitbedarf dafür beträgt zusätzliche 1-2 Unterrichtsstunden (ggf. Projekttag). Hinweise und Links finden Sie in meinem Skript 9.5 „Ökosystem Boden“.

Interaktive Webseite zum Ökologischen Fußabdruck: <https://www.mein-fussabdruck.at/>

Einige konkrete Daten sowie in Literaturhinweis zur Kohlenstoffdioxid-Belastung: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

3.6 Kulturelle Evolution (1 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Gegenwart und Zukunft des Menschen: kulturelle Evolution	analysieren die Bedeutung der kulturellen Evolution für den heutigen Menschen in seiner Umwelt.
Vorwissen: –	Weiterverwendung: –

Ich gebe hier persönlich gefärbte Anregungen weiter; Sie können die Schwerpunkte auch ganz anders setzen. Mir kommt es u. a. darauf an zu zeigen, dass Kultur nicht plötzlich mit dem Menschen auftritt, sondern dass die menschliche Kultur aus Vorläufern entstanden ist, die in sehr einfachen Formen auch bei anderen Tieren auftreten. Wesentlich ist, dass die Schüler sich mit dem Begriff „kulturelle Evolution“ befassen und Probleme für die Zukunft des Menschen konkret benennen können.

Das vergleichsweise riesige Gehirn des Menschen verursacht enorme biologische Kosten, z. B. bei der Energieversorgung (weniger als 2 % der Körpermasse fordern 20 % oder mehr der Gesamtenergie). Das muss einen mindestens ebenso hohen Selektionsvorteil besitzen. Dieser besteht in den intellektuellen Fähigkeiten, mit denen der Mensch seine Lebensbedingungen verbessert und neue Lebensräume erobert hat.

Den Evolutions-Mechanismen, die an den Genen ansetzen (Mutation, Selektion sind aus der 9. Klasse bereits bekannt), wird deshalb die kulturelle Evolution gegenübergestellt, also die Entwicklung, Weitergabe und Selektion kultureller Errungenschaften. Dies ist kein Privileg des Menschen, denn Verwendung, ja sogar gezielte Herstellung von Werkzeugen sowie Kommunikation über nicht anwesende Fakten gibt es vereinzelt auch bei anderen Tierarten (Säugetiere, Vögel ¹⁾). Allerdings ist nur beim Menschen der Umfang und die Differenziertheit kultureller Errungenschaften derart gewaltig.

Die Weitergabe von Information erfolgt bei der natürlichen Evolution über die Gene, bei der kulturellen Evolution über Kommunikations-Systeme (Tradition durch Nachahmung oder durch Sprache).

1) Beispiele:

Werkzeugherstellung: Der Spechtfink auf Galapagos bricht Kaktusstacheln ab und stellt damit ein Werkzeug her, mit dem er Insektenlarven aus Zweigen und Ästen heraus holt. Schimpansen in freier Wildbahn produzieren Schwämme aus halb gekauten Blättern, um damit Wasser aus Vertiefungen zu schöpfen, bzw. stellen aus Zweigen Werkzeuge her, um Termiten aus ihren Bauten zu angeln.

Lernen durch Beobachtung: Bei vielen Tierarten ist nachgewiesen, dass sie aus der Distanz Verhalten Anderer beobachten und dieses Wissen danach anwenden, z. B. um sich Futter zu verschaffen (viele Säugetiere und Vögel, aber auch Tintenfische).

Kommunikation: Schimpansen können aus der Ferne mitteilen, wo Futter versteckt ist oder wo sich eine gefürchtete Schlange befindet; sie können dabei sogar lügen.

Begriff „Kultur“:

Der Begriff ist nicht allgemeingültig definiert: Bei Wikipedia werden fünf unterschiedliche Umschreibungen gegenüber gestellt. In der Regel bezieht sich der Begriff auf menschliche Verhaltensweisen. Das ist gesellschafts-wissenschaftlich absolut sinnvoll. Aus evolutionsbiologischer Sicht stellt sich aber die Frage nach der Entstehung von Kultur bzw. nach deren Selektionsvorteilen, so dass eine erweiterte Definition erforderlich ist, die auch andere Tierarten einbezieht, z. B.: „nicht genetisch bedingtes Verhalten, das an Artgenossen weiter gegeben wird“.

Zur Information der Lehrkraft:

Die Ansicht, dass nur der Mensch zur Entwicklung einer komplexen, kumulativen Kultur fähig sei, bei der Verhaltensweisen von erfahreneren Individuen abgeschaut und kopiert werden, ist

inzwischen widerlegt worden. Diese „Zone of Latent Solutions Hypothesis“ besagte, dass etwa Schimpansen kulturelle Verhaltensweisen unabhängig voneinander stets neu erfinden.

Eine Forschungsgruppe an der Universität Zürich um die Anthropologieprofessorin Kathelijne Koops hat dazu ein vierstufiges Feldexperiment im Regenwald der Nimba-Berge in Guinea durchgeführt. Dabei wurden 35 Schimpansengruppen zunächst Ölpalmennüsse und Steine vorgelegt, dann kam eine ganze Ölpalmenfrucht hinzu. Noch später wurden bereits aufgeknackte Nüsse auf die Steine gelegt, um die essbaren Kerne zu präsentieren. Schließlich wurde eine leichter knackbare Nussart (Coula) mit Steinen vorgelegt.

11 der 35 Gruppen untersuchten die Versuchsgegenstände genau, v. a. die größeren Gruppen. Im Untersuchungszeitraum von mehr als einem Jahr naschte nur ein einziges Weibchen von der Palmfrucht. In keinem einzigen Fall knackten die Schimpansen die Ölpalmen- oder Coula-Nüsse.

Koops schließt daraus: „Die Ergebnisse legen nahe, dass Schimpansen kulturelle Verhaltensweisen eher wie Menschen erwerben und einen komplexen Werkzeuggebrauch nicht einfach selbst erfinden.“

[Kathelijne Koops, Aly Gaspard Soumah, Kelly L. van Leeuwen, Henry Didier Camara & Tetsuro Matsuzawa. Field experiments find no evidence that chimpanzee nut cracking can be independently innovated. *Nature Human Behaviour*. 24 January 2022. DOI: 10.1038/s41562-021-01272-9; Kurzbericht im vbio-Newsletter 3/2022 vom 26.1.2022]

Wesentliche Lerninhalte:

- Die Geschwindigkeit der kulturellen Evolution beim Menschen ist um viele Größenordnungen höher als die der natürlichen Evolution.
- Kulturelle Errungenschaften (z. B. besondere Jagdtechniken, Herstellung und Gebrauch einfacher Werkzeuge) gibt es auch bei anderen Wirbeltieren. Der Einsatz von Werkzeugen, mit denen Nahrung beschafft und zerkleinert werden kann, sowie von Feuer, mit dem schwer verdauliche Nahrung ganz erheblich besser ausgewertet werden kann, ist eine Strategie, sogar in den problematischen Trockenzeiten in der Savanne (typisch: hartschalige, hartfaserige Pflanzennahrung) eine hohe Zufuhr von Energie- und Baustoffen zu garantieren. Die ersten Steinwerkzeuge entstanden im Zeitraum vor 2,8-2,4 Millionen Jahren. Gleichzeitig machte sich der Mensch bereits damals von seiner Technik abhängig.
- Das Ausmaß an tradierten Errungenschaften beim Menschen übertrifft alle anderen Tierarten um etliche Größenordnungen bezüglich des Umfangs und der Differenziertheit, aber auch im Maß der Ausbreitung (räumlich und zeitlich). Nur beim Menschen gibt es kulturelle Errungenschaften wie Kunst, Wissenschaft, Selbstreflexion ²⁾, Spiritualismus, großräumige Landwirtschaft, Erweiterung der Mobilität durch technische Hilfsmittel.
- Eine hochdifferenzierte Wortsprache, die nur vom Menschen bekannt ist, ermöglicht den geistigen Austausch auch über Inhalte, die in der Vergangenheit liegen, an weit entfernten Orten angesiedelt sind oder differenzierte Planungen darstellen.
- Die schriftliche Darstellung der Wortsprache ermöglicht Kommunikation über viele Generationen und große Räume hinweg auch ohne persönlichen Kontakt.
- Die Verwendung elektronischer Medien ermöglicht den Austausch von Inhalten (potentiell) ohne zeitliche oder räumliche Beschränkungen.
- Die „Hardware“ für die kulturelle Evolution – Gehirn ebenso wie IT – erfordert einen enormen Energieaufwand. (Der Energieverbrauch durch IT verursacht bereits jetzt weltweit den höchsten Anteil an der Produktion von Kohlenstoffdioxid.)

2) Selbsterkenntnis (nicht Selbstreflexion) ist bei den großen Menschenaffen nachgewiesen: Einem Orang-Utan wurde unbemerkt etwas helle Creme auf die Stirn getupft. Als sich das Tier im Spiegel sah, wischte es sofort die Creme an der eigenen Stirn weg: Es hatte sich also in seinem Spiegelbild erkannt.

Zukunft des Menschen

Es ist nicht sinnvoll, darüber zu spekulieren, wie Arten aussehen könnten, die sich aus dem anatomisch modernen Menschen entwickeln könnten, weil Evolution nicht zielgerichtet abläuft. Zudem tricksen wir die natürliche Selektion mit Hilfe unserer Technik und Medizin ohnehin weitestgehend aus. Der Zeitraum, über den einigermaßen sinnvoll spekuliert werden kann, beträgt maximal 100 Jahre in die Zukunft. Dabei könnten folgende Faktoren angesprochen werden:

- Verfügbarkeit von Ressourcen: „Die Grenzen des Wachstums“, der aufrüttelnde Bericht des Club of Rome von 1972, führte die Begrenztheit von Ressourcen drastisch vor Augen und bewirkte teilweise ein Umdenken. Aktuelles Beispiel: die Umstellung auf Elektromobilität, die sehr große Mengen an seltenen Elementen benötigt. Lösungen: z. B. nachhaltiges Wirtschaften durch Recycling von Grundstoffen und Nutzung erneuerbarer Energiequellen; Entwicklung alternativer Technologien; Beschränkung der Nachfrage.
- Klimawandel: Die Erderwärmung hat verschiedene Auswirkungen auf Wohnraum und Landwirtschaft. Tiefliegende Landstriche werden vom steigenden Meeresspiegel überflutet werden (z. B. Bangladesch); der geringer werdende Jahresniederschlag wird in manchen Agrargebieten für den Anbau nicht mehr ausreichen; Extremwetterlagen werden erheblich häufiger und gefährden Anbau- (Dürre, Überschwemmung) sowie Wohngebiete (z. B. Überschwemmungskatastrophe im Ahrtal Juli 2021); bisher für den Anbau zu kalte Gebiete könnten andererseits fruchtbar werden (z. B. in subpolaren Regionen von Nordamerika oder Asien). Lösungen: weltweite Verlagerung der Hauptanbauggebiete in andere Regionen; neue Nutzpflanzen mit größerer Toleranz gegenüber Extremwetterlagen (gentechnische Methoden beschleunigen diese Entwicklung enorm); Beschränkung der Nachfrage (z. B. durch Ersatz von Fleisch und Fleischprodukten durch pflanzliche Produkte); Verzicht auf Besiedlung von Überschwemmungsflächen, Verdichtung von Wohnraum auf sicheren Flächen.
- Immer höhere Abhängigkeit von kulturellen Errungenschaften: Ein städtisches Leben ohne elektrischen Strom ist bereits jetzt undenkbar. Und was würden Jugendliche ohne ihr Mobilgerät machen? Lösung? Zukünftige Abhängigkeiten durch Smart House und Smart City.

Zusatzinformationen:

Der britische Biologe Richard Dawkins schuf, parallel zum Begriff „Gen“, den mittlerweile allgemein verwendeten Begriff „**Mem**“ (das Mem, die Meme) als Einheit für einen Bewusstseinsinhalt. Wie Gene werden auch Meme repliziert, aber im Unterschied zu ihnen nicht als Eins-zu-Eins-Blaupause, sondern indem sie beim Empfänger aufgenommen und von ihm neu konstruiert werden (als mentales Bild). Das Mem stellt in der 10. Klasse zwar keinen Lerninhalt dar, aber eine Biologie-Lehrkraft sollte den Begriff kennen.

Auch der Begriff „**erweiterter Phänotyp**“ stammt von Richard Dawkins¹⁾. Er unterscheidet dabei:

- tierische Artefakte (Objekte) wie Termitenhügel, Vogelnest, Schneckenhaus, Biberdamm sowie der dadurch aufgestaute See, Werkzeuge usw.
- Beeinflussung von Wirtsorganismen in Verhalten, Wachstum, Entwicklung durch Parasiten bzw. Symbionten. Dabei stellt der Wirts-Phänotyp den erweiterten Phänotyp des Fremdorganismus dar.

- Wirkung auf Distanz: Manipulation eines anderen Organismus, ohne in oder auf ihm zu leben, z. B. Manipulation des Wirtsvogelverhaltens gegenüber dem Kuckucksnachwuchs, Manipulation von Vogelweibchen durch den Balzgesang der Männchen.

1) Richard Dawkins: Der erweiterte Phänotyp (1982, überarbeitet 1999); deutsch: Spektrum Akademischer Verlag