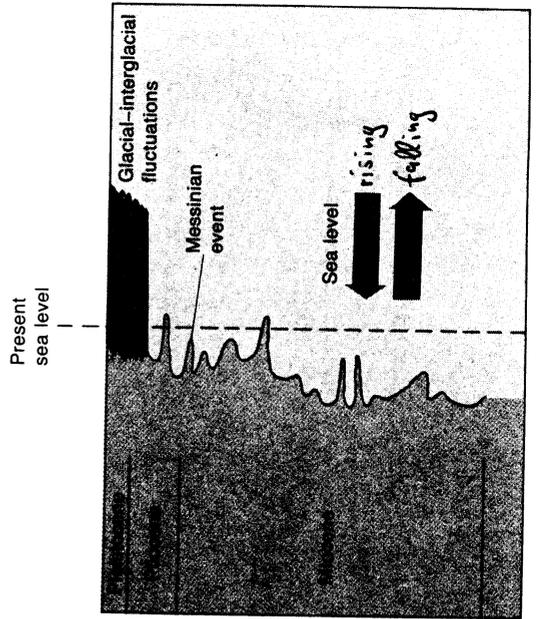
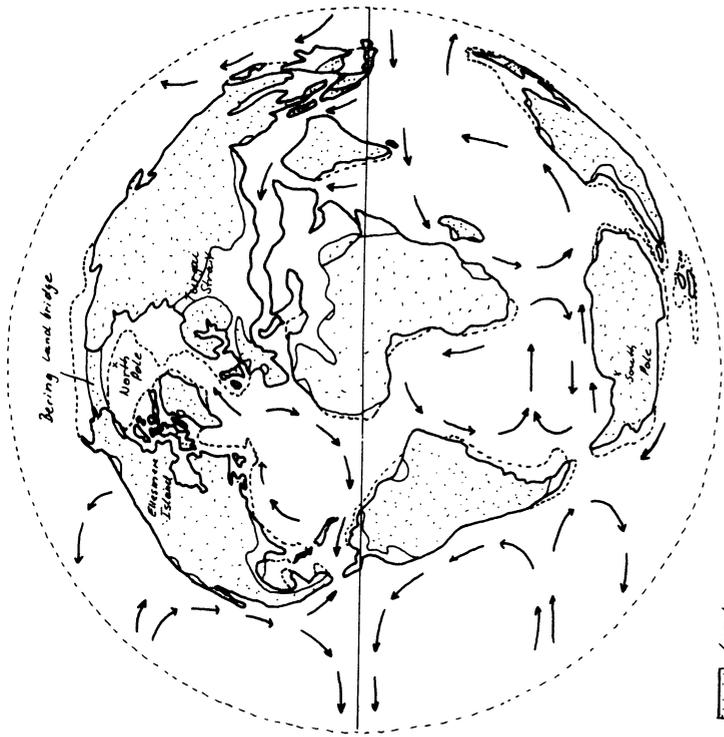


24

58

59

Late Eocene



Tertiär

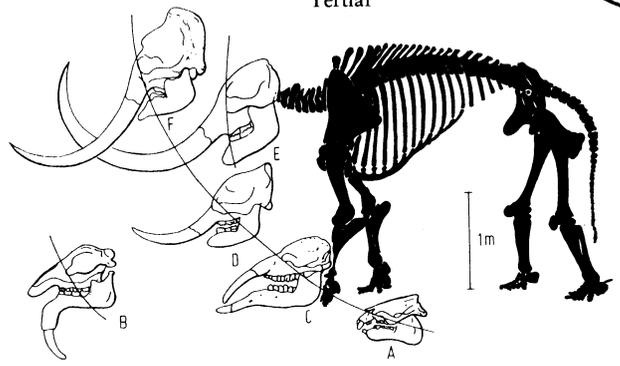


Abb. 80. Entwicklung der Rüsseltiere. Die Zunahme der Körpergröße war mit einem starken Längenwachstum der vorderen Schneidezähne („Stoßzähne“) verbunden. A. *Moeritherium* (Eozän), B. *Deinotherium* (Jungtertiär), C. Miozänes *Mastodon*, D. E. Pleistozäne Mastodonten (Nordamerika), F. Pleistozäner Elefant (Waldelefant) (n. COLBERT 1965).

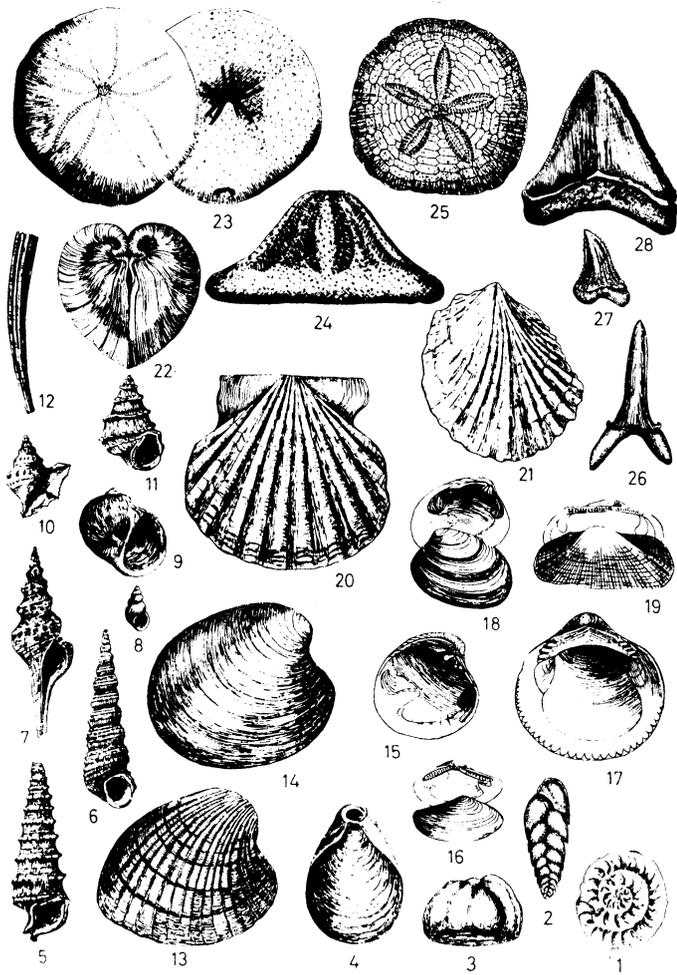


Abb. 79. Fossilien des Tertiärs. Foraminifera: 1. *Nummulites germanicus* (BORNEM.), Eozän, 2. *Bolivina beyrichi* REUSS, $\times 20$, Oligozän, 3. *Gyroidina soldanii* (d'ORB.), $\times 30$, Oligozän. Brachiopoda: 4. *Terebratula grandis* BLUM., 1: 3, Oligozän-Pliozän.

Gastropoda: 5. *Cerithium serratum* BRÜGN., Eozän, 6. *Turritella turris* BAST., Miozän, 7. *Fusus longirostris* BROCCCHI, Miozän, 8. *Hydrobia elongata* FAUJAS, $\times 1,4$, Miozän, 9. *Natica millepunctata* LAM., Plio- zän, 10. *Aporrhais pespelicana* LAM., Plio- zän, 11. *Viviparus hoernesi* NEUM., Plio- zän.
Scaphopoda: 12. *Dentalium sexangulare* LAM., Plio- zän.
Lamellibranchiata: 13. *Venericardia planicosta* LAM., Eozän, 14. *Cyprina rotundata* BRAUN., Oligozän, 15. *Pitarina incrassata* (SOW.), Oligozän, 16. *Leda deshayesiana* DUCH., Oligozän, 17. *Glycymeris obovatus* LAM., Oligozän, 18. *Tapes gregaria* PARTSCH., Miozän, 19. *Arca barbata* L., Miozän, 20. *Pecten solarium* LAM., Miozän, 21. *Ostrea ventulabrum* GOLDF., Oligozän, 22. *Congeria subglobosa* PARTSCH., Miozän.
Echinoidea: 23. *Echinolampas kleini* GOLDF., Oligozän, 24. *Clypeaster altecostatus* MICH., Miozän, 25. *Scutella subrotundata* LESKE, Miozän.
Pisces: 26. *Isurus cuspidatus* (AG.), Oligozän, 27. *Hemipristis serra* AG., 1: 3, Miozän, 28. *Carcharodon megalodon* AG., 1: 7, Miozän.

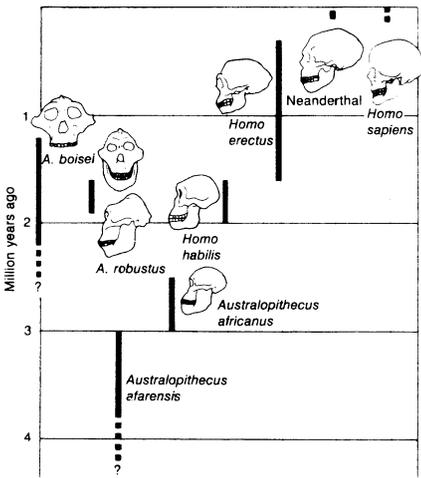
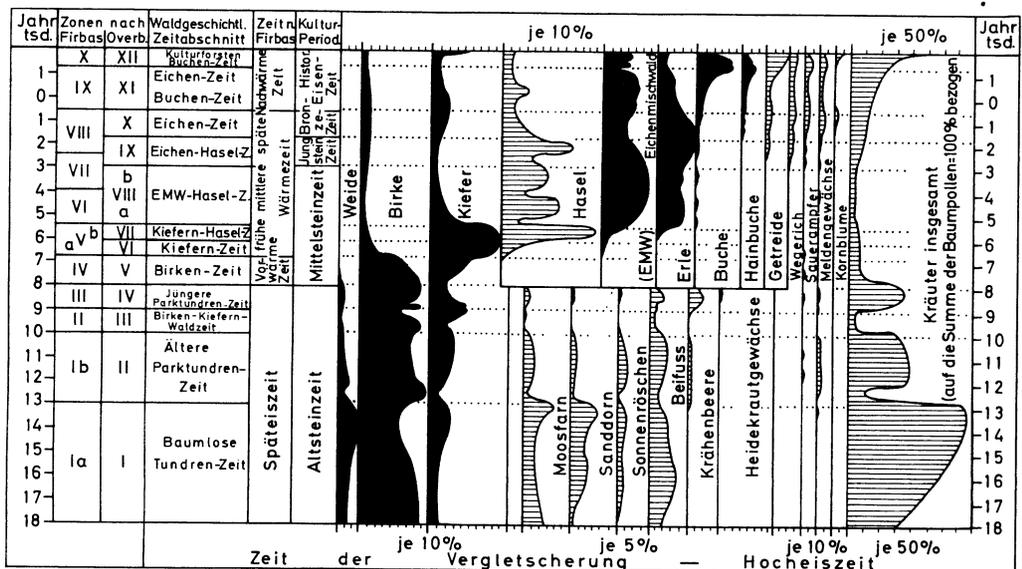
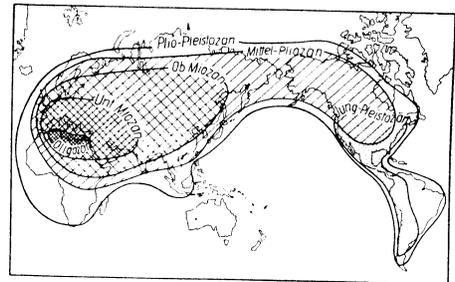
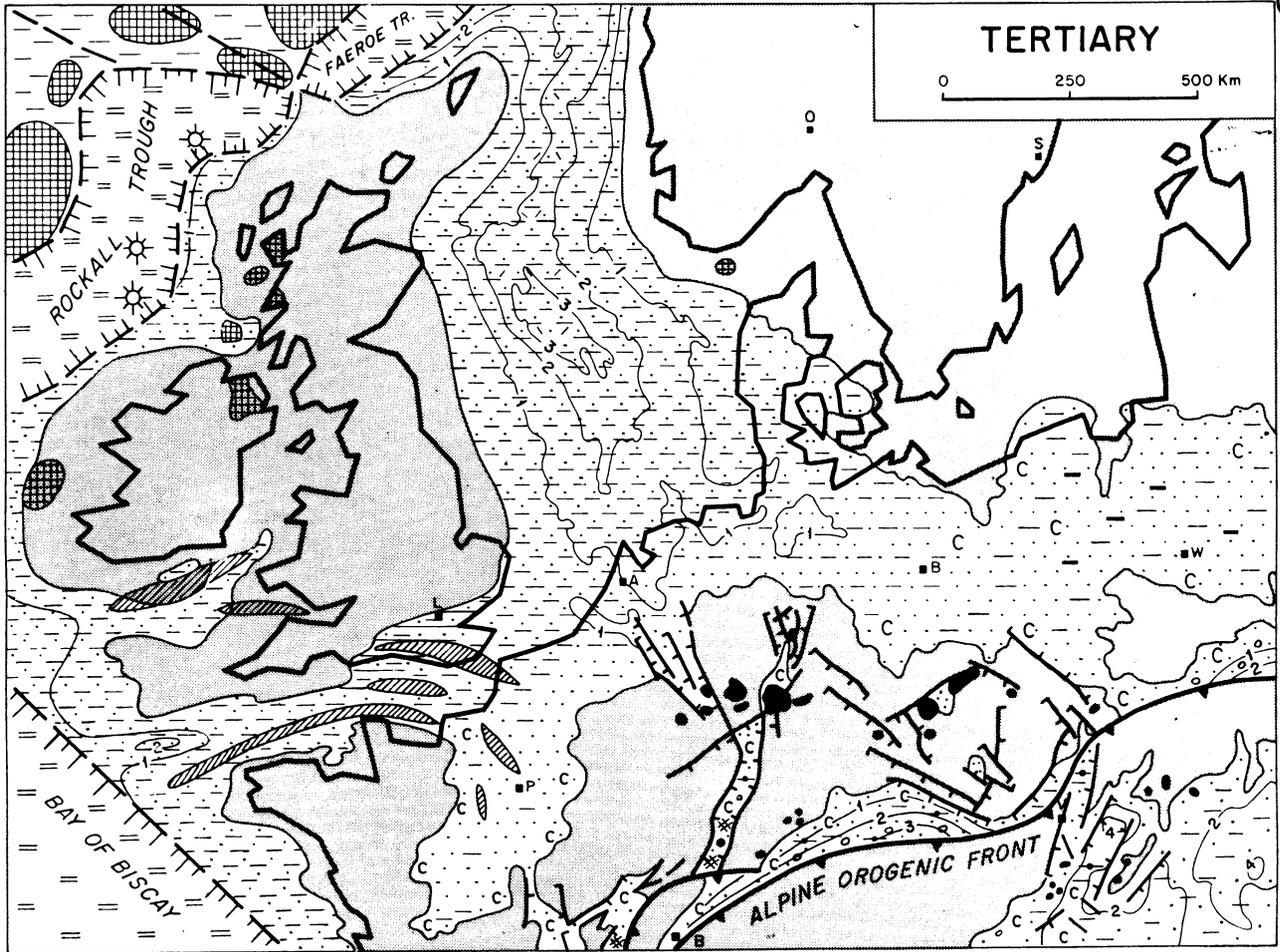


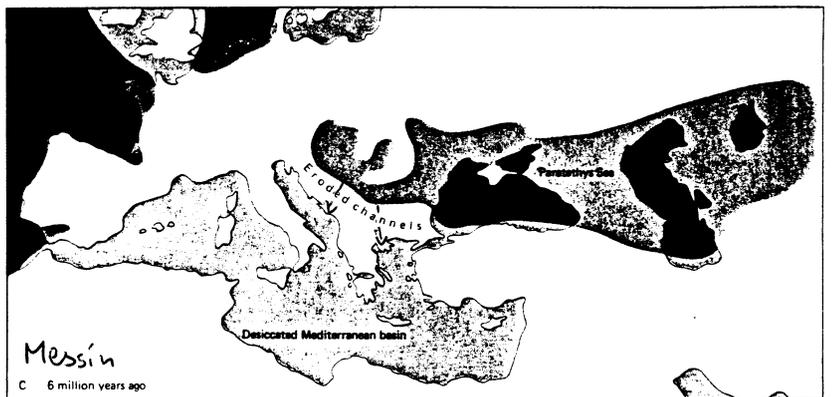
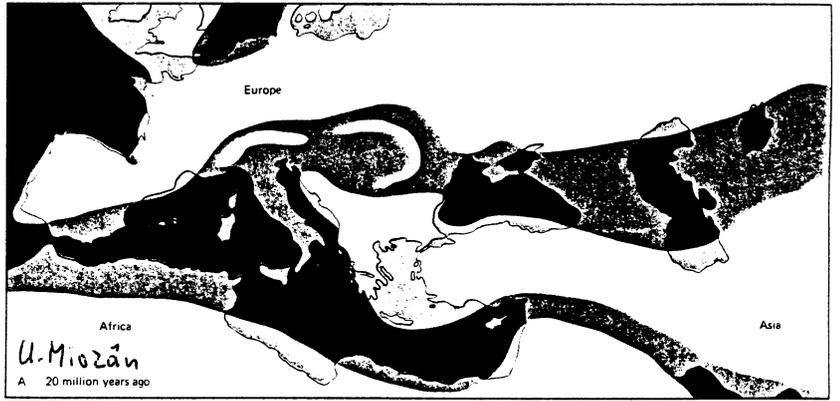
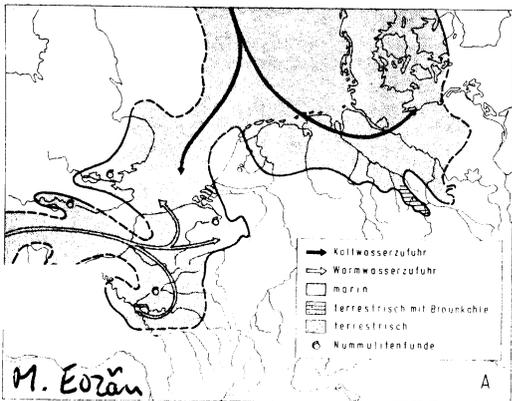
FIGURE 18-23 Stratigraphic ranges of species of the Hominidae (human family) as currently recognized from fossil data. The two robust species of *Australopithecus* represented on the left were not ancestors of modern humans. Species of the genus *Homo* are represented on the right. Some workers classify Neanderthal as a subspecies of our own species, *Homo sapiens*.

Abb. 53 Die Ausbreitung der Mastodonten über die Erde. Engschraffiert: Alt-tertiäre Urheimat. Punktirt: Jung-quartäres Aussterbe-Areal. (Nach G. G. SIMPSON)





- Upper Tertiary volcanics
 - Lower Tertiary volcanics
- Inversion axes
 - Tertiary isopachs in 1000 m.



GLACIAL INTERVAL

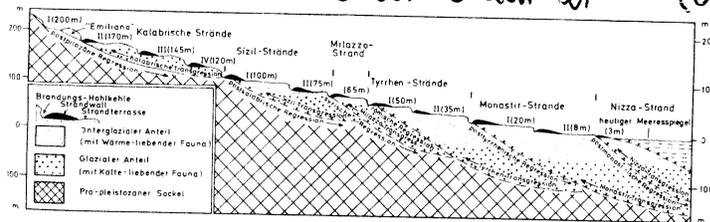
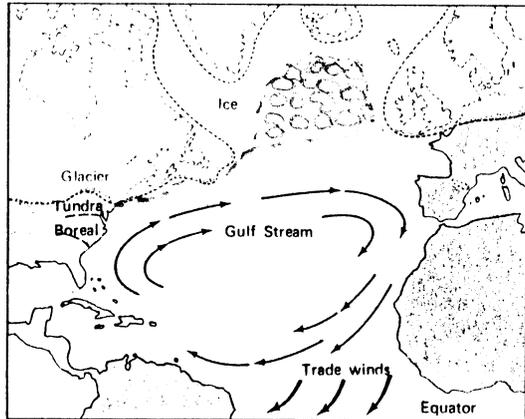
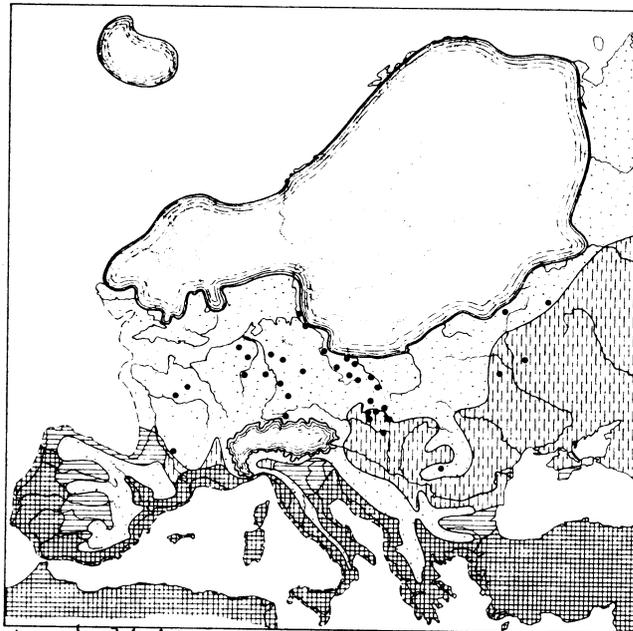
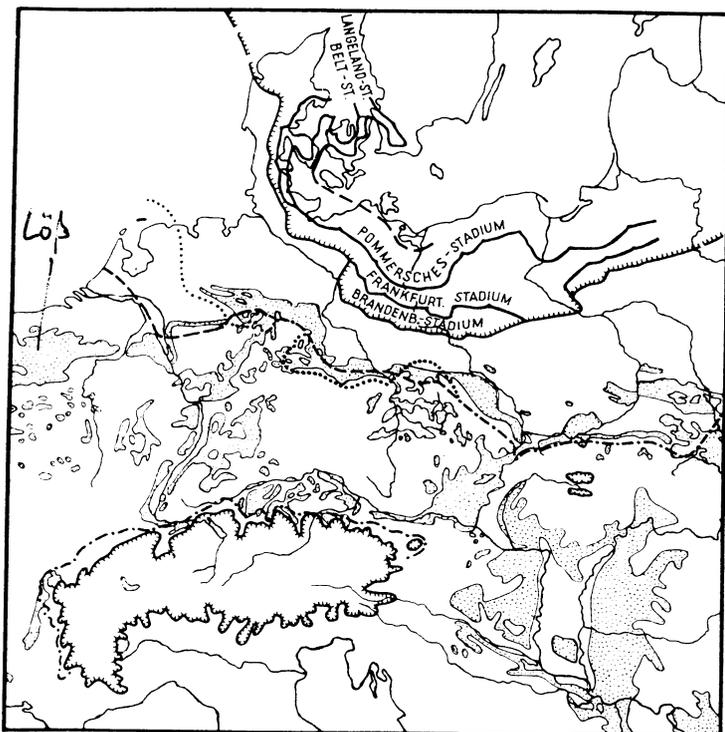


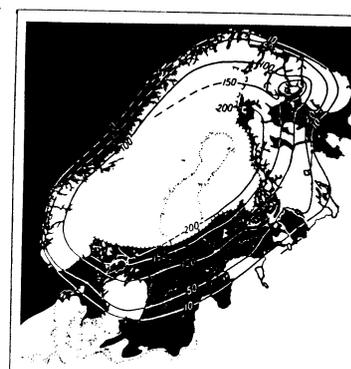
Abb. 61 Schematisches Profil der Mittelmeer-Terrassen. (Aus K. H. KAISER 1967)



Weichsel/Würm-Eiszeit
Tundra Steppe u. Waldsteppe Nadelwald Laubwald



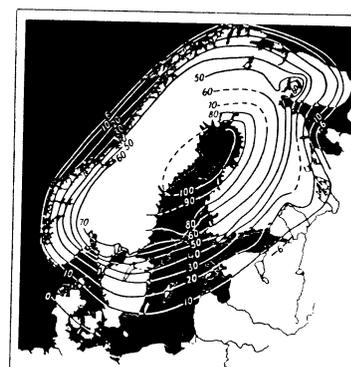
Baltischer Eissees um 8200 v. Chr. Der Eisrand liegt an den fenno-skandinavischen Endmoränen.



Yoldiamer um 7700 v. Chr.



Ancylussee um 6000 v. Chr.



Littorinamer um 5000 v. Chr.

Abb. 58 N-Europa im Spätglazial und Holozän. (Nach M. SAURAMO, sowie WOLDSTEDT & DUPHORN 1974.) Die Linien veranschaulichen die seit den einzelnen Stadien jeweils eingetretene Hebung Fennoskandiens

Mindel- (=Elster-) Eiszeit Riß- (= Saale-) Eiszeit Würm- (= Weichsel-) Eiszeit und Rückzugsstadien

Zusatz Textur:

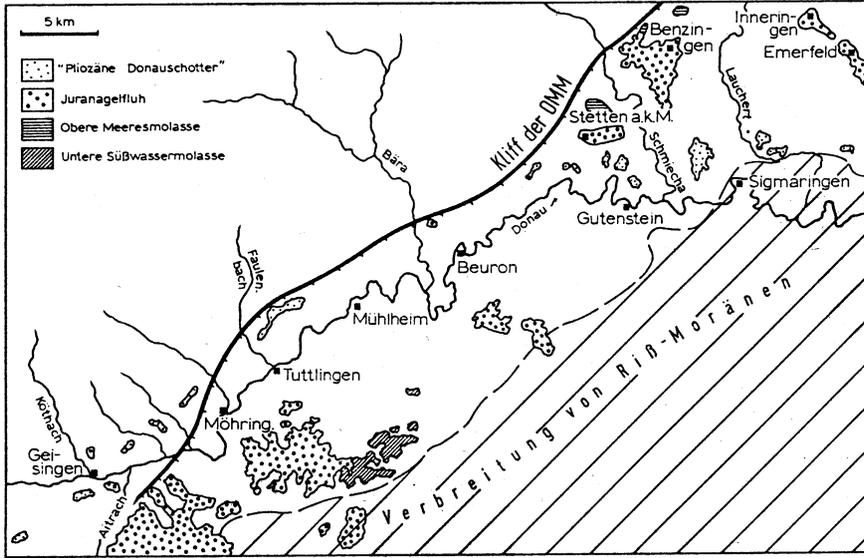


Abb. 127. Tertiär-Relikte auf der südwestlichen Schwäbischen Alb.

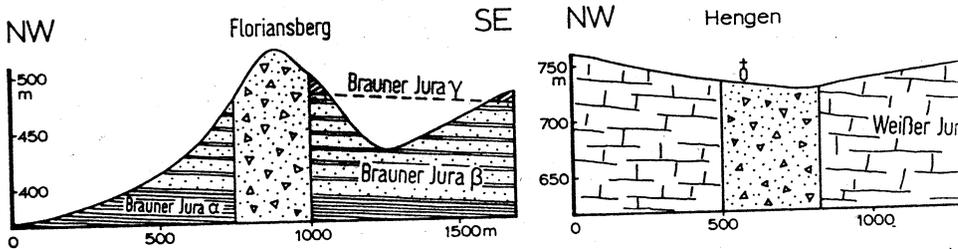
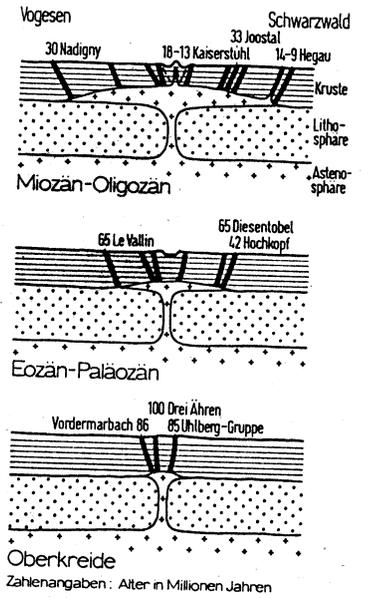
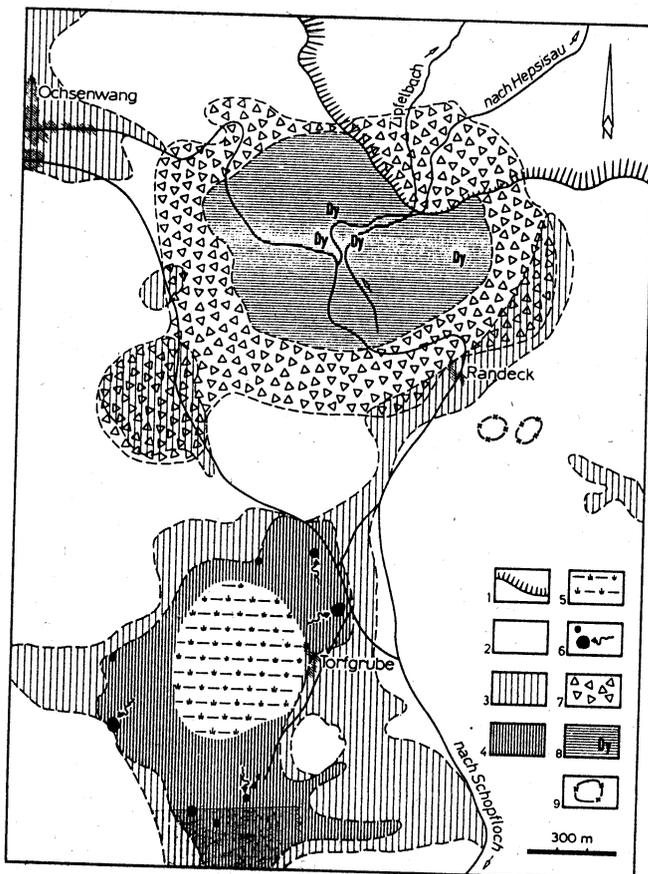
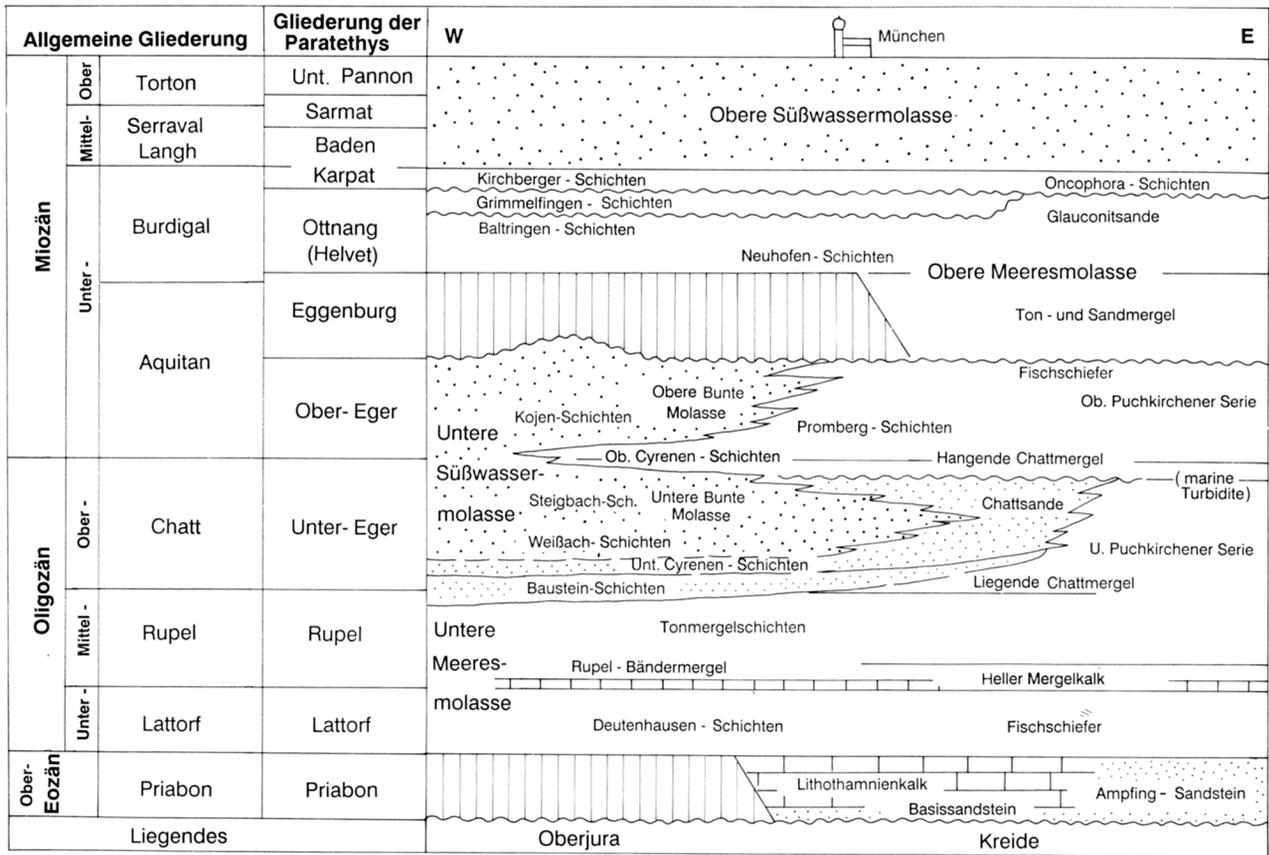


Abb. 222. Vorland-Tuffschlot (»Pseudo-Vulkankegel«) und Hochflächen-Tuffschlot (»Maar«) berg bei Metzingen und Hengen bei Urach.

Abb. 221. Das Randecker Maar und Schopflocher Hochmoor; 1 = Alptrauf, 2 = Weißer Jura, 3 = leichte Lehmüberdeckung, 4 = Alblehm, 5 = Torfmoor, 6 = Dolinen (z. T. mit Zulauftrinnen). 7 = »Blockschichten«, 8 = Maarfüllung mit Dysozilen, 9 = geomagnetisch festgestellte Tuffschlote. Aus O.F. GEYER & M. P. GWINNER 1984.

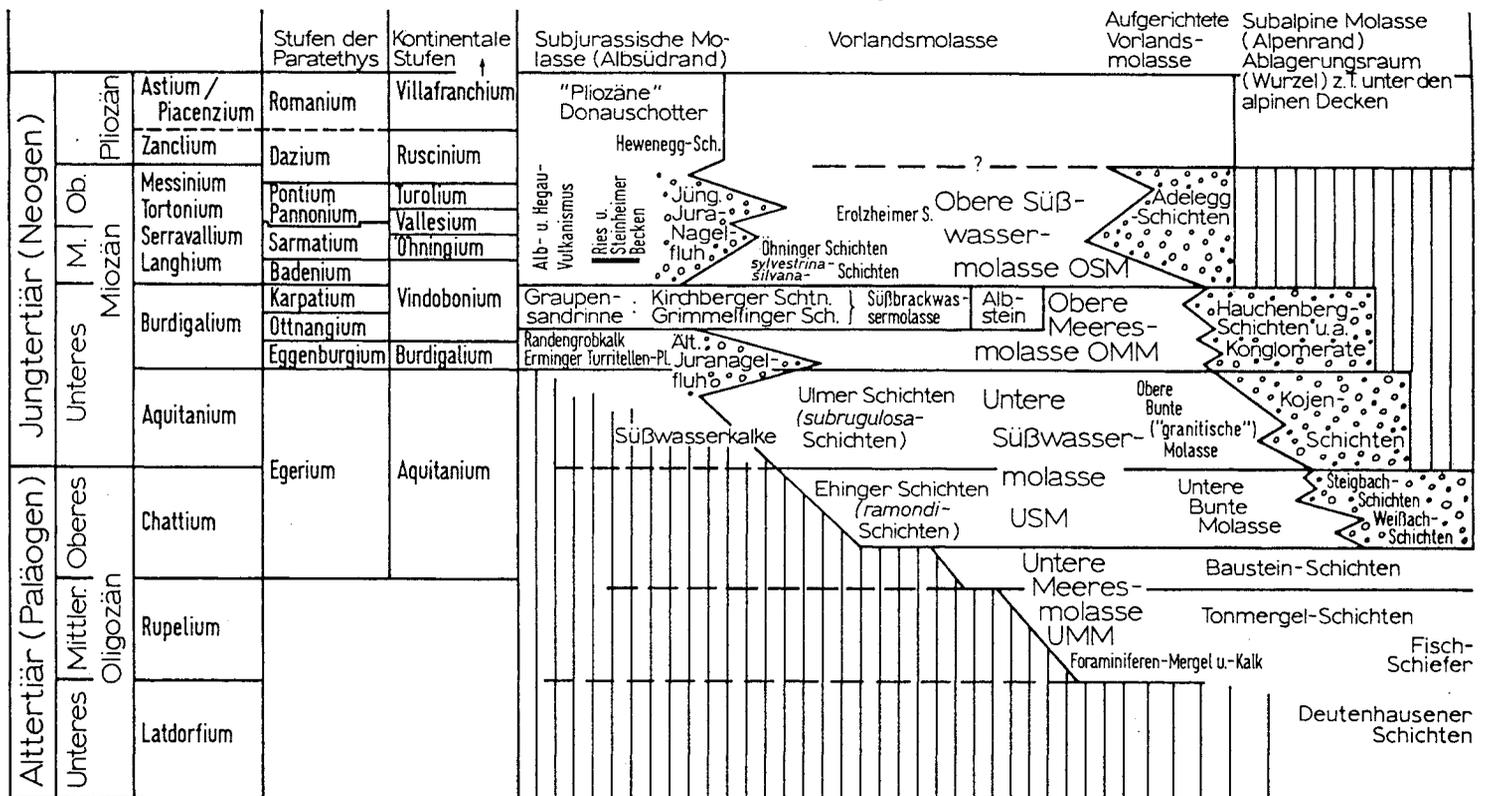




Das Molasse-Becken

397

Abb. 134. Lithologie und stratigraphische Gliederung des Tertiärs des bayerischen Molassebeckens (n. BACHMANN & MÜLLER 1990 und anderen Autoren).



Molasse

Abb. 111. Stratigraphische Übersicht über die tertiäre Molasse in Oberschwaben.

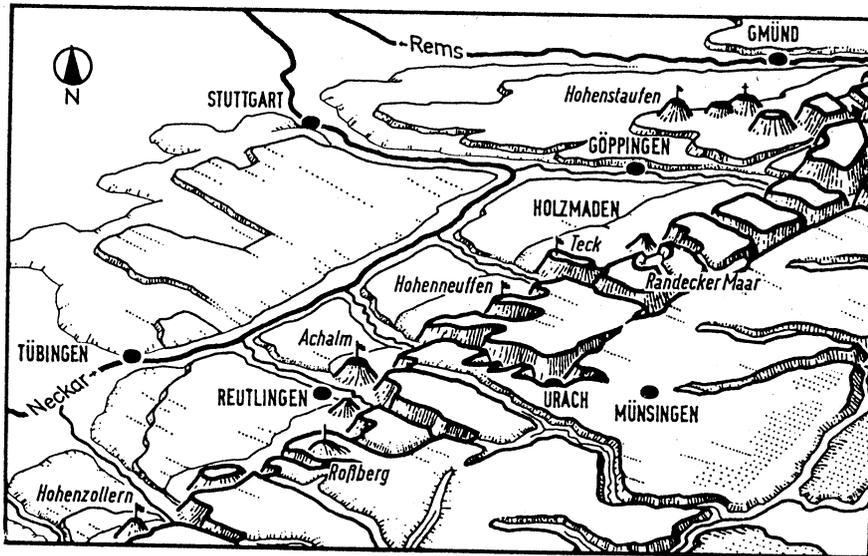


Abb. 211. Stirn und Vorland der Mittleren Schwäbischen Alb mit Zeugenbergen; hinter Göppingen die drei Kaiserberge. Nach GG. WAGNER in F. Westphal 1980.

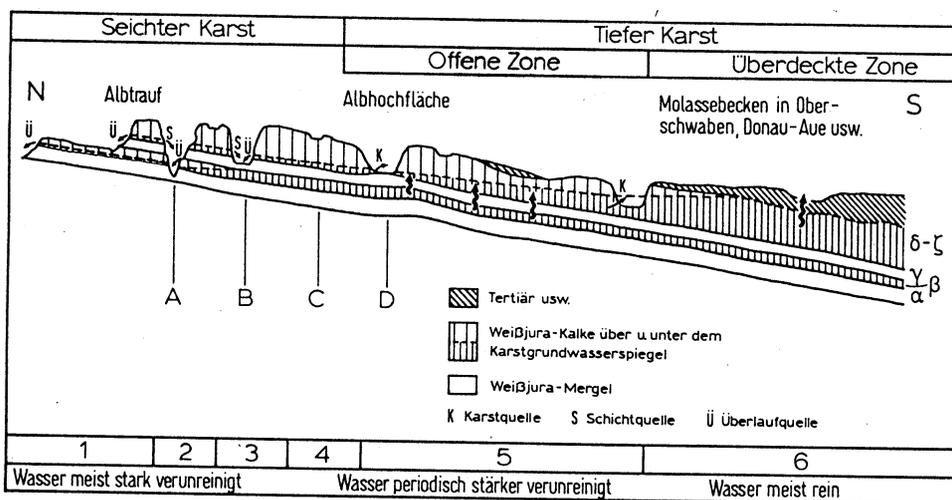


Abb. 218. Seichter und tiefer Karst in der Schwäbischen Alb. A = Täler, in denen beide Wasserstockwerke erschlossen sind (z. B. oberes Filstal); B = Täler, in denen nur das obere Wasserstockwerk erschlossen; C = Täler über dem Niveau des Karstgrundwasserspiegels (Trockentäler); D = Täler, in denen tektonische Schichtaufwölbungen angeschnitten sind (z. B. Lautertal bei Wasserstetten); 1 = Überlaufquellen geringer Schüttung; 2 = stärkere Überlaufquellen sowie Schichtquellen mit geringer Schüttung in Folge kleiner Einzugsgebiete; 3 = stärkere Überlaufquellen sowie Schicht- und Karstquellen mit geringer Schüttung infolge kleiner Einzugsgebiete; 4 = »Hungerbrunnen« (periodisch schüttende Quellen beim Karstgrundwasserstand); 5 = Karstquellen mit sehr starker Schüttung (z. B. Brenztopf, Blautopf, Topf); 6 = durch Deckschichten artesisch aufdringendes Karstwasser.

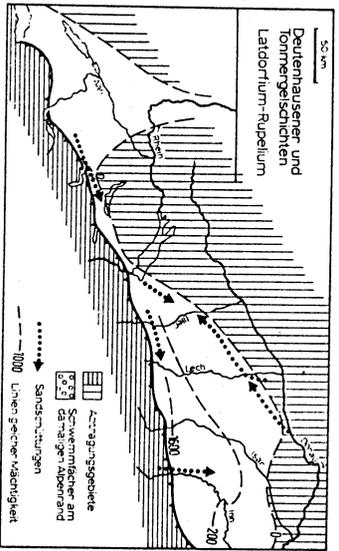


Abb. 114

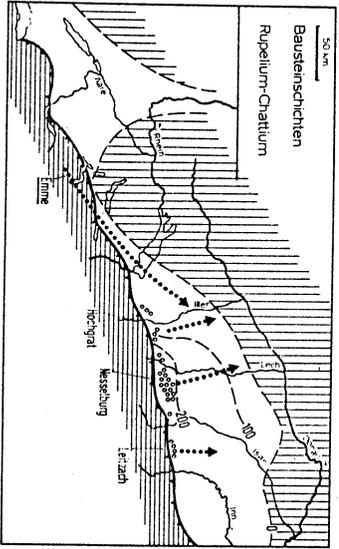


Abb. 115

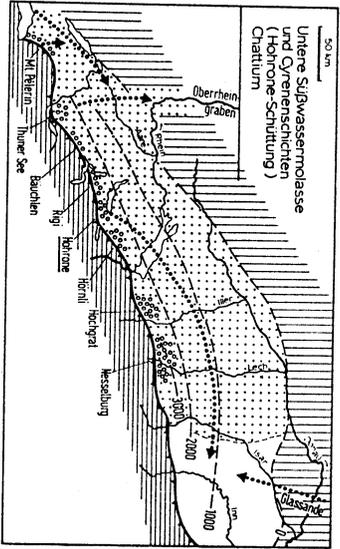


Abb. 116

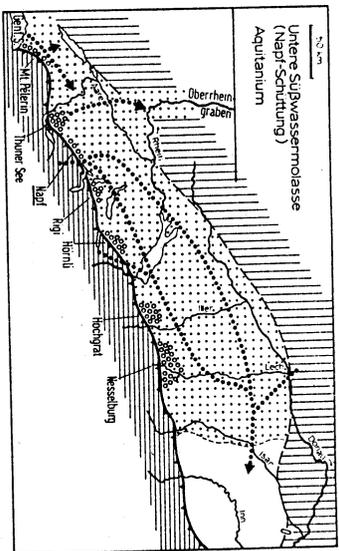


Abb. 117

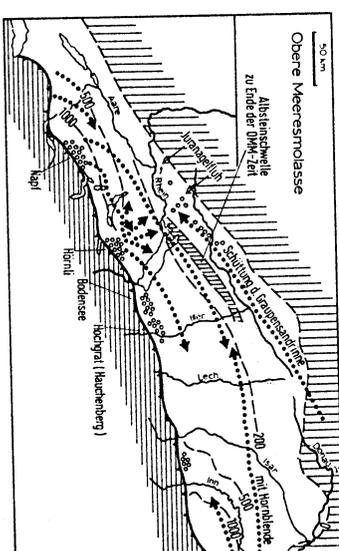


Abb. 118

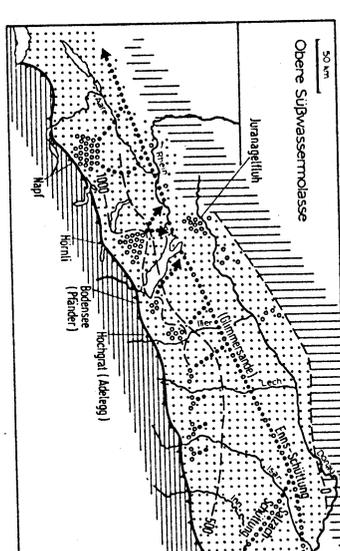


Abb. 119

Gliederung	Radiometrische Alter (Jahre vor heute)	Mensch	Menschliche Kulturen	Grundgliederung (NW - Europa)	Klimakurve (gemäßigte Zone)	Nord-Deutschland (Nordsee) (Ostsee)	Alpines Vereisungs-Gebiet (Nördliches Ober-Bayern Alpenvorland Österreich)	Stufen (n. Berggren & v. Courvering)	Mittelmeer (nach K.H. Kaiser (Waldstätter u. M. Schwabacher))
Holozän	0 - 1000	<i>Homo sapiens</i>	Eisenzeit (~2800 J.v.h.) Bronzezeit (~2300 J.v.h.) Neolithikum (~5000 J.v.h.)	Postglazial (Flandrium)	Flandrische-Dunkfröhen	Subatlantikum (~2800 J.v.h.) Subboreal (~4700 J.v.h. - ~2800 J.v.h.) Atlantikum (~7500 J.v.h.) Präboreal (~10300 J.v.h.) Ball Elisse	Subatlantikum (~800 J.v. Chr.) Subboreal (~2700 J.v. Chr.) Atlantikum (~5500 J.v. Chr.) Präboreal (~8000 J.v. Chr.) Vorwärme-Zeit (~8300 J.v. Chr.) Niederterassen Wurm Schotter Moränen	Post-Monastil-Regression Monastil-Transgression (Ougartien) (Sahara)	Post-Monastil-Regression Monastil-Transgression (Ougartien) (Sahara)
	10.300 - 20.000	<i>Homo sapiens</i>	Mesolithikum (~10.300 J.v.h.) Hamburgium Magdalenium Solutrium Aurignacium	Weichsel-Kaltzeit (Glazial)	100m Weichsel-Moränen (Hochglazial) (Frühglazial) Zäbrersdorf-Lösssteil (Oderende)	Präboreal (~8000 J.v. Chr.) Vorwärme-Zeit (~8300 J.v. Chr.) Niederterassen Wurm Schotter Moränen	Subatlantikum (~800 J.v. Chr.) Subboreal (~2700 J.v. Chr.) Atlantikum (~5500 J.v. Chr.) Präboreal (~8000 J.v. Chr.) Vorwärme-Zeit (~8300 J.v. Chr.) Niederterassen Wurm Schotter Moränen	Post-Monastil-Regression Monastil-Transgression (Ougartien) (Sahara)	Post-Monastil-Regression Monastil-Transgression (Ougartien) (Sahara)
Jung-	20.000 - 70.000	<i>Neanderthalensis</i>	Mousterium Micoquium	Eem-Warmzeit (Interglazial)	Marine u. 20m Sande (Tone, Sande, Torfe)	Kontinentale Sedimente	Schieferkohlen Seekreide	Sizilium	Milazzo-Transgression (~60m)
	90.000 - 120.000?	<i>Denisovianensis</i>	Acheulium	Saale-Kaltzeit (Glazial)	Saale-Moränen (~60m)	Saale-Moränen (~60m)	Hochterassen Schotter Moränen	Emilium	Syrische Regression
Mittel-	150.000 - 200.000	<i>Homo erectus</i>	Clactonium	Holstein-Warmzeit (Interglazial)	90m Kontinentale Paludine-Schichten Tone Sande Schieferkohlen Moränen (~100m)	Paludine-Schichten Tone Sande Schieferkohlen Moränen (~100m)	Brekezie von Höttingen	Emilium	Sizil-Transgression (~100m)
	150.000 - 200.000 (bis 350.000?)	<i>Homo erectus</i>	Clactonium	Elster-Kaltzeit (Glazial)	120m Elster-Moränen (~250m)	Elster-Moränen (~250m)	Jüngere Moränen Decken Schotter	Emilium	Sizil-Transgression (~100m)
Alt-	480.000?	<i>Homo erectus</i>	Abbévillium	Präglaziale Komplexe	130m Elster-Moränen (~250m)	Elster-Moränen (~250m)	Nagefluh von Kremsmünster Ältere Deckenschotter Moränen	Emilium	Sizil-Transgression (~100m)
	690.000	<i>Homo erectus</i>	Abbévillium	Cromer (Warmzeit)	130m Elster-Moränen (~250m)	Elster-Moränen (~250m)	Nagefluh von Kremsmünster Ältere Deckenschotter Moränen	Emilium	Sizil-Transgression (~100m)
Ältest-	900.000	<i>Australopithecus</i>	Geröll-Kulturen	Menap (Kaltzeit)	130m Elster-Moränen (~250m)	Elster-Moränen (~250m)	Nagefluh von Kremsmünster Ältere Deckenschotter Moränen	Emilium	Sizil-Transgression (~100m)
	900.000 ("Jaramillo-event")	<i>Australopithecus</i>	Geröll-Kulturen	Waal (Warmzeit)	130m Elster-Moränen (~250m)	Elster-Moränen (~250m)	Nagefluh von Kremsmünster Ältere Deckenschotter Moränen	Emilium	Sizil-Transgression (~100m)
Liegendes: Pliozän	1.61 - 1.79 M.J.	<i>Homo habilis</i>	Matuyama (revers)	Eburon (Kaltzeit)	130m Elster-Moränen (~250m)	Elster-Moränen (~250m)	Nagefluh von Kremsmünster Ältere Deckenschotter Moränen	Emilium	Sizil-Transgression (~100m)
	1.95 - 2.13 M.J.	<i>Homo habilis</i>	Matuyama (revers)	Tegelen (Warmzeit)	130m Elster-Moränen (~250m)	Elster-Moränen (~250m)	Nagefluh von Kremsmünster Ältere Deckenschotter Moränen	Emilium	Sizil-Transgression (~100m)

?

T

U
Z
O
N
D
e
s
t
e
r

Sonderblatt zum Tertiär (Historische Geologie):

ORGANISMEN DES KÄNOZOIKUMS:

Marine Invertebraten:

- **Rifforganismen:**
 - **Korallen** weitere Entwicklung (v.a. schnellwachsende Gruppen, z.B. Acropora)
 - Wichtig: ab Miozän bilden inkrustierende Corallinaceen (Rotalgen) **Algen-Riffkämme** auch im höchstenergetischen Bereich.
 - **Kieselschwämme** relativ unbedeutend, v.a. größere Tiefen, rezent vor Kanada Kieselschwamm-Mudmounds.
- Bislang weitgehend unbesetzte Nische: **Lockersande:**
 - A) **Sanddollars:** Detritusfresser (Sieber)
 - B) **schnellgrabende heterodonte Muscheln**
- **Bivalven** im Quartär stark provinziell (arktisch, boreal, lusitanische Provinz); wichtig auch für Klimaschwankungen
- **Großforaminiferen:** Tethys, Alttertiär: Nummuliten, Discocyclinen (Leitfossilien)
- **Planktische Foraminiferen**, v.a. Globigerinen (Biostratigraphie)
- **Coccolithen:** wichtigste Gruppe für marine Biostratigraphie

Landpflanzen:

- **Gras** (echte Gräser, Süßgräser, Getreidearten, Weidegräser): sicher ab Oberoligozän: adaptativer Durchbruch: Kontinuierliches Nachwachsen trotz Abgrasen neben Windbestäubung auch starke vegetative Vermehrung-> **Bodenbefestigung** (Verlangsamung der Denudation).
Zunehmend härtere Gräser: Coevolution in Verbindung mit Entwicklung von härteren Zähnen. Z.T. Kieselsäureeinlagerung in Gräsern.
- Die meisten der **heutigen Blütenpflanzen ab Neogen** (ab Miozän): Klimaschwankungen durch direkten Vergleich mit heutiger Flora interpretierbar.

Vertebraten:

- **Austauschmöglichkeiten** (s. Beiblatt 61)
 - **Nordamerika - Eurasien**
 - Paläozän über Grönland, Schottland: Thule-Landbrücke (Giant's Causeway)
 - Bering-Landbrücke: Alttertiär, Neogen nur z.T. (v.a. in Kaltphasen)
 - **Afrika – Eurasien:** Hauptkollision im Miozän
 - **N.Amerika – S.Amerika:** Landbrücke von Panama erst ab Pliozän (ca. 3,5 Mio)
 - **Europa – Asien:** nicht zur Zeit der Turgai-Meerestraße (östl. Ural), also nicht M.Eozän – Oligozän (aber Unterbrechungen der marinen Überflutung).
- **Marsupialier** in Kreide in Gondwana entstanden:
 - In Afrika verdrängt
 - In Südamerika ab Pliozän z.T. verdrängt, auch selten nach Nordamerika
 - In Australien, Tasmanien ab O.Kreide isoliert, dort keine Einwanderer, nahmen alle Nischen ein: Känguru, Beutelwolf, Beutelratten etc.
- **Ab Paläozän / Eozän bereits:**
 - Insektivora (ab Pal.), Fledermäuse (ab Eo), Wale, (Pal), Primaten (ab Eo), Echte Carnivoren (ab Pal), Erste Pferde (o.Pal/u.Eo)
 - **Pferdereihe:** Entwicklung in Amerika, mehrfache Einwanderung nach Eurasien: Eozän, O.Oligozän/Miozän, Pliozän.

- U.a.: Palaeotherium/Hyracotherium (Eo) -> Miohippus (Oligo) -> Merychippus/Plihippus/Hipparion (Mio) -> Equus (Plio)
- Blattfresser, ab Miozän Grasfresser -> Zahnentwicklung
- Zunehmend bessere Läufer (Savannen) -> Hufentwicklung
- **Elefanten:** Moeritherium (Eozän) -> Palaeomastodon (Oligo) – Mastodon/Dinotherium (Mio/Plio), Palaeoloxodus (Waldelefant) / Mammuthus (Steppenelefant) -> Elephas/Loxodonta
- **Wichtigste Fundstelle:** Messel (Eozän, lakustriner Ölschiefer), bei Darmstadt
- **Ab Oligozän:**
 - **Größte Landsäuger:** Rhinoverwandte: Titanotherium, Indrichtotherium (Schulterhöhe 5,5 m)
 - **Erste echte Affen,** auch menschenaffenartig: Aegyptopithecus
- **Ab Jungtertiär:**
 - Zum Teil wegen Insektenentwicklung: → **Singvögel** (fressen häufig Fluginsekten) und Froschentwicklung
 - Zum Teil wegen Wiesen und härteren Pflanzen: → **Ratten und Mäuse**
 - Wegen Froschentwicklung und Ratten-/Mausentwicklung → starke **Schlangenentwicklung**
 - **Höhepunkt der an Savannen und Busch angepassten Organismen** (Mio/Plio: Giraffen, Elefanten, Schweine etc. (z.B. Hipparion-Fauna)
- **Quartär**
 - **Kaltzeitorganismen:** Moschus, Rentiere, Fellnashörner, Mammut, Steinbock, Höhlenbär; Kiefer, Birke, z.T. Tundra
 - **Zwischeneiszeiten:** Flusspferd, Nashörner, Elefanten, Steppenirsch, Bison, Hyäne, Säbelzahniger, Schwein, z.T. Affen; Eiche, Buche

Sonderblatt 2 zum Känozoikum (Historische Geologie):

DIE ENTWICKLUNG DES MENSCHEN IM ÜBERBLICK

Entstehung in Afrika:

- **Ramapithecus** 17-5 Mio a: Menschenaffe
vor 15 Mio nach Eurasien
- **Australopithecus** 4,0 - 1,3 Mio a, ältester Menschenartiger.
Mehrere Arten, u.a. A. afarensis: "Lucy" (Olduvai Kultur)
- **Homo habilis** 2,0-1,6. Älteste Vertretung der Gattung Homo (aber umstritten, vielleicht doch noch eher zu Australopithecus gehörend).
- **Homo erectus** 1,6 Mio - 300.000 a (früher Pithecanthropus):
 - Großer Entwicklungssprung
 - Groß, besserer Läufer als wir, da schmalere Becken (später breiter wegen großem Babykopf; Gehirn H.erectus: 800-1300 cm³, moderner Mensch Schnitt 1330 cm³)
 - Weit verbreitet: Java-Mensch, Peking-Mensch, Mauer-Mensch (H.e. heidelbergensis: 600.000 a) Bilzingsleben (400.000 a).
 - Neu: nun evtl. 700.000 a alte Neufunde.
- Nur **Schädelfragmente** zwischen 400.000a - 100.000 a, diese eher erectus-Typ
z.B. Steinheim (Homo erectus?/?sapiens?? **anteneanderthalensis**)
Ehringsdorf (Homo erectus?/?sapiens?? **praeneanderthalensis**)
- 100.000 a - 35.000 a (Würm-Glazial): **Homo neanderthalensis** (wohl keine Unterart von H.sapiens). Spanien bis Asien. Höhlenmensch, aber nicht sehr primitiv. Schon Religion: begraben mit Fleisch und Blumen (→ Pollen). Starb während letzter Vereisung aus: Osteuropa vor 40.000a, Westeuropa vor 35.000 a.
- gleichzeitig wohl schon: **Homo sapiens (ab 100.000 a)**. Entwickelte sich wohl direkt von Australopithecus (keine Linie über H.habilis und H.erectus): Cro Magnon-Mensch, Altamira etc.. 2 Arten von Menschen gleichzeitig. Schnelle Verdrängung bei Begegnung.

Zur Menschengenausbreitung und frühem "Human Impact" (Theorie)

Großsäuger in Nordamerika im Pliozän wichtig. Größenzunahme Anpassung an kaltes Klima (geringere Oberfläche zum Volumen).

Großsäuger verschwinden in Nordamerika vor 11.000 Jahren (Zeit des letzten Eisvorstoßes): durch Menschen gejagt und ausgerottet:

- evtl. vor 11.000 a Mensch nach Nordamerika?
- evtl. schon früher (30.000 a), aber erst ab 11.000 a Wurfgeschosse?

9.2 Klimaentwicklung im Känozoikum (mit Aspekten der zukünftigen Entwicklung) (ohne Abb.)

- Die mesozoische Warmzeit hat ihre Ausläufer noch bis etwa ins Oligozän.
 - Das mitteleozäne Klimaoptimum bewirkt:
 - subtropische Kohlenmoore
 - marine Warmwasserformen (Nummuliten, Korallen) drängen nach N vor
 - alttertiäre Kohlen in gemäßigt humiden Zonen (N - USA) / E - Asien) und Kohlen und Pflanzenreste in Grönland und Spitzbergen.
- Bereits im späteren Eozän kommt es aber schon zu einem Temperaturrückgang --> südliche Faunenelemente zogen sich aus dem Norden zurück. --> Auf der Antarktis wächst die Vereisung der Polkappe.
- Im höheren Oligozän kommt es zu einem starken Meeresspiegelabfall, der einhergeht mit der zunehmenden Vereisung der antarktischen Polkappe, dem Höhepunkt der alpidischen Orogenese und einer generellen Abkühlung. Zusätzlich kommt es noch zu Aussterbephasen der Globigerinen und des Nannoplankton.
- Im 0. Oligozän und Miozän wird es trockener, nicht unbedingt überall kühler.
- Mit dem 0. Pliozän - Pleistozän beginnt schließlich das Eiszeitalter (3 Mio. a), welches eventuell bis heute andauert.
- Abkühlungstrend durch Sauerstoffisotopen gut dokumentiert, aber viele Fehlerquellen (wichtig u.a. Korrektur für Vorhandensein bzw. Fehlen von Eiskappen). >> Abbildung (demnächst).

Mögliche Ursachen für die Klimaverschlechterung:

Ausgangssituation: O.Kreide - Alttertiär: Starkes Sea-Floor-Spreading und hoher Meeresspiegel.

1. Plattentektonische Ursachen:

- a) *Nachlassen des Spreadings* -> Meeresspiegelfall -> kontinentaleres Klima: Abnahme des Treibhauseffektes (weniger H₂O und CO₂ in Atmosphäre)
- b): *Schließung des Meeresstraße von Panama* (Pliozän, 3.5 Mio) -> Golfstromentstehung -> Feuchtes Wetter in Europa
- c) *Öffnung des nördlichen Nordatlantiks*: Ausfließen kalten Wassers aus Polarmeer
- d): *circumpolarer kalter Ringstrom durch Abdriften von Australien*
- >> Aus c+d: polares kaltes Tiefenwasser fließt ab O.Oligozän äquatorwärts -> *upwelling in niederen Breiten, an W-Küsten* -> *regionale Abkühlung auch dort.*

e) *Anhebung junger gefalteter Gebirge*, darunter auch Tibet-Plateau (v.a. Mio/Plio):

- Mehr Niederschläge, Gletscher ins Vorland (lokale Abkühlung im Inland)
- Umlenkung der Windsysteme
- Hydrolyse-Verwitterung als CO₂-Senke (als HCO₃⁻ in kühle Meere)

2. Selbstverstärkungsphänomene:

- *S-Polvereisung durch Albedo-Effekt* zunehmend
- *Tundren ersetzen Wälder*: Zunahme der Winteralbedo (Schnee rutscht im Winter von Bäumen ab, dadurch kaum Albedo-Erhöhung trotz Schnee)
- Hochgebirgsvereisung wegen Albedo zunehmend: *Gletscher gehen weit ins Vorland und kühlen dort ab.*
- Nach kritischer Abkühlung: *Vereisung des Nordpolarmeeres* (O.Mio/Plio); Packeis (mit hoher

Albedo) drängt Golfstrom zurück.

- *Aridisierung und Abkühlung durch Ausbreitung von C4-Pflanzen?* C4-Pflanzen wachsen schneller und lagern mehr CO₂ ein. Sie speichern auch Wasser und evaporieren dies nicht zurück zur Atmosphäre. Dadurch entsteht zunehmende Austrocknung. Heutige C4-Pflanzen u.a. fast alle Gräser (d.h. auch Getreide) der Tropen und Subtropen; widerstandsfähiger gegen Hitze; profitieren von hohen CO₂-Gehalten in der Atmosphäre

3) Schwankung in solarer Einstrahlung

a) Milankowitch-Zyklen

- evtl. verantwortlich für einzelne Phasen
- i-Tüpfelchen-Effekt: minimale Änderung löst bei geeigneter Prädisposition selbstablaufende Selbstverstärkungseffekte aus
- Wohl auch z.T. verantwortlich für extrem rasche Klimafluktuationen in Übergangszeit.

b) *Schwankung in Sonnenhelligkeit* ? (u.a. via Sonnenfleckenaktivität berechenbar).

Quintessenz: die Klimasysteme sind zu komplex, um nur monokausal gesteuert werden; viele Faktoren spielen zusammen; die Quantifizierung ist jedoch häufig problematisch.

Klimasprünge (u.a. beim Übergang von Warm- zu Kaltzeiten)

- Dansgaard-Oeschger- bzw. Heinrich-Events: Lagen von Diamiktiten in unregelmäßigen Abständen im nördlichen Nordatlantik. Diamiktite: aus Treibeis ausgeschmolzenes Grobmaterial. Während derartiger verstärkter Abschmelzzyklen wird kaum Tiefenwasser produziert (da ausgesüßt), wodurch auch das Golfstromsystem nachlässt.
- Generell sprunghafte Abschmelzdynamik, instabile Eisschilde auch auf Antarktis. Abschmelz- und Stabilisierungszyklen (*> Abbildung*).
- auch innerhalb Kaltzeiten starke klimatische Sprünge (Riss-Eiszeit besteht z.B. aus drei Eiszeit-Intervallen)
- Entwicklung der derzeitigen Temperaturen außerhalb natürlicher Trends!
- Die frühere und zukünftige klimatische Bedeutung von Methan-Hydraten.

Weitere Abbildungen zu Kap. 9.2 im pdf-Farbskript, Teil 2 (1.1 MB)

Hinweis: derzeit bewegt sich das Klimageschehen bereits außerhalb der aus dem jüngeren Känozoikum bekannten Schwankungen; damit werden Vorhersagen der zukünftigen Entwicklung zunehmend schwieriger. Besonders problematisch sind die raschen Skalen der anthropogenen Klimaänderung, welche den Kompensationssystemen (insb. dem Ozean) nicht genügend Zeit zum Puffern geben. Neben der genauen Untersuchung der jüngeren Erdgeschichte müssen auch Modelle aus Treibhauszeiten wie Jura und Kreide entwickelt werden, um mögliche zukünftige Änderungen erkennen zu können.

Zusatzliteratur zu Klima und Umwelt (Känozoikum und Zukunft):

aus der Reihe: Spektrum der Wissenschaft:

Verständliche Forschung: Biologie der Meere (1991)

Atmosphäre, Klima, Umwelt (1990)

Die Dynamische Welt der Ozeane: Spektrum Spezial 1/1998

Hansch (ed). Eiszeit, Mammut, Urmensch... und wie weiter?-

Museo 16/2000, Heilbronn.

Wefer, G. (ed.)(2002): expedition Erde. Beiträge zum Jahr der Geowissenschaften 2002.-249 S., AWS., mit vielen Einzelbeiträgen (beziehbar gegen Unkostenbeitrag via gwefer@marum.de)

9.3 Regionale Beispiele

9.3.1 Tertiär

Überblick: Europa im Alttertiär

- Im nördlichen N - Atlantik setzt das seafloor spreading ein und zwar erst westlich, ab O. Oligozän östlich von Grönland.
- Im Allgemeinen wird das spreading von einem starken lokalen Vulkanismus begleitet bzw. vorangekündigt z.B. Plateaubasalte auf Grönland --> Giants causeway mit ca 3000 m Mächtigkeit (Verbindung nach Schottland, Rest auf Island; auch als Thule-Landbrücke bezeichnet)
- Durch den Zusammenschub der Tethys kommt es zu Subduktionszonen mit Vulkanismus und Deckenüberschiebungen, sowie Kollisionen von Mikroplatten.
- Flysch und Molasse werden von den Schwellen bzw. Hochgebieten in die Vorlandstiefen bzw. Tröge sedimentiert; ab M. Oligozän: Molasse
- Durch Anhebung von Mitteldeutschland kommt es zu Inversionsbewegungen und Taphrogenesen z.B. Oberrheingraben
- Pyrenäen werden gefaltet ebenso das Kantabr. Gebirge
- Sea-Floor-Spreading im Mittelmeer : Ionische See ("Mini-Ozean")
- Als weiteres Ozeanbecken existierte noch die Paratethys, z.T. mit Ozeanboden, deren heutiger Rest im
 - Schwarzen Meer ("backarc"-Struktur)
 - Aral see
 - Kaspisches Meer zu sehen ist.

Überblick: Europa im Jungtertiär

- Die Öffnung des Nordatlantik geht weiter, wird aber langsamer
- Im Gebiet der Tethys kam es zu weiteren Hebungen und Faltungen: Molassen; Die südliche Vorsenke unter dem Po wurde von den Alpen und dem Nordpennin bis zum Pliozän mit > 5000 m Sediment aufgefüllt
- nach Kollision (Miozän): Öffnung des westlichen Mittelmeers - Dehnung im Tyrrhenischen Meer, Algerisch-provencalischer Ozean (back arc zu Appennin)
- Subduktion z.T. bis heute: Ätna, Stromboli, Vesuv, Kreta
- Auch im Vorland (Mitteleuropa) verstärkt sich die tektonische Schollenbewegung ==> Anhebung der Hochschollen (Ardennen, Rheinisches Schiefergebirge, Harz, Böhmisches Masse) und Einbrechen der Tiefschollen (Oberrheingraben, Hessische Senke etc.) Aus den tief reichenden Brüchen werden seit dem Paläozoikum erstmals wieder vulkanische Schmelzen gefördert (Kaiserstuhl, Vogelsberg, Urach, Hegau)
- messinisches Ereignis: Mittelmeer trocknet aus (evtl. nicht komplett) und es kommt zur Bildung von Salzen und Gipsen. Grund : Verbindung zum Atlantik über die Betische Senke ging verloren. Erst im Pliozän wurde über die Straße von Gibraltar die Verbindung zum Atlantik wieder hergestellt.
- Pliozän - rezent gibt es teilweise heute noch aktive Subduktionszonen mit begleitendem Vulkanismus : Ätna, Vesuv, Liparische Inseln, Appennin, Betiden, Kreta.

Alpen und Mediterrangebiete:

Grundlegende paläogeographische Änderung führt zu heutigem Relief

- Ostalpen Hauptfaltung Kreide bis Miozän.
- Westalpen Hauptfaltung im Alttertiär
- Himalaya Hauptfaltung Wende Oligozän / Miozän

Im Mittelmeer vird die Strukturbildung durch kleine Kontinentalblöcke (Mikroplatten) verkompliziert (z.B. Korsika, Sardinien, Adriamasse). --> Subduktionen, C)berschiebungen, Kollisionen --> führte auch zu Intraplattenreaktionen, Schollenrotationen.

Tektonik:

- 1. Kollisionsphase : Brianconais wird überschoben (Mi Kreide)
- Mi Kreide- Eozän: iFlyschedimentation
- Paläozän Laramische Phase
- O. Eozän / U. Oligozän (pyrenäische Phase); schmaler nordpenninischer Ozean wird geschlossen = => Flyschüberschiebungen in Pyrenäen, Appennin.
- Miozän stärkste Phase im gesamter Raum, z.B.:
 - Mi. Miozän (Steyrische Phase): Faltung und Abscherung des Flysches; Hebung
 - Ende Miozän: Molasse-Faltung, Austrocknung des Mittelmeers

Mit der Hebung endet die *Metamorphose* :

1. Stadium: 100 - 70 Mio. a Frühstadium
 2. Stadium: 45 - 35 Mio. a Hauptkristallisation
 3. Stadium : 20 Mio. a postkinematische Kristallisation
- > Beryll - Adamello - , Rieserferner Pluton

Sedimente:

- *Inneralpin:*
 - Eo-Miozän: lokal Meer im Bereich der Nördlichen Kalkalpen, z.B. Häringer Schichten; auch im Wiener Becken.
 - Pliozän: starker Aufstieg, im Wiener Becken noch Binnenmeer (Paratethys-Reste)
- *Flysch:* Mi.Kreide-Eozän
- *Helvetikum:*
 - bis U. Oligozän: flacher, u.a.:
 - Lithothamnienkalke
 - Nummulitenkalke
 - Erze: Kressenberg-Schichten
- *Molasse:* Vortiefe
 - gehört zur Paratethys.
 - Ostbayern und Österreich marin bis Pliozän, im Westen gemischt

Im Mittelmeer vird die Strukturbildung durch kleine Kontinentalblöcke (Mikroplatten) verkompliziert (z.B. Korsika, Sardinien, Adriamasse). --> Subduktionen, C)berschiebungen, Kollisionen --> führte auch zu Intraplattenreaktionen, Schollenrotationen.

1. Kollisionsphase : Brianconais wird überschoben (krm)

krm - Eozän in den Trögen kommt es zur Flyschesedimentation
Paläozän Laramische Phase

Eozän / U. Oligozän (pyrenäische Phase); schmaler nordpenninischer Ozean (Heivetikum) wird geschlossen ==> Flyschüberschiebungen in Pyrenäen, Apenin.

Miozän gesamter Raum wird gefaltet; 'Flysch -> gefaltet und abgeschert
Molasse --> gefaltet

Molasse war sowohl Vortiefe als auch Paratethysregion

Rheintal und Mainzer Becken

Zeitlicher Unterschied zu Molassesedimentation: schon ab Eozän

- Pleistozän: Rheinschotter, Mosbacher Sande etc.
- O. Miozän, Pliozän : Dinotheriensande (festländisch)
- U. Miozän Im Aquitan und Burdigal teilweise brackisch und teilweise marin
marin --- > Corbicula - Schichten
brackisch --> Hydrobien - Schichten
Der limnische Aspekt nimmt nach oben hin zu.
- O.Oligozän brackisch - süß ==> Süßwasserschichten / Cyrenen - Schichten
- M. Oligozän marin ==> Rupeltone und Meeressande (kommen von Norden) (z.B. Alzeyer Meeresrand)
- Eozän Basiston im mittleren und nördlichem Graben; Bohnerze und darüber Süßwasserkalke (z.B. Planorbis - Kalke) im südlichen Graben
Messel : (Lutet) Ölschiefer aus sapropelitischem Vollfaulschlamm -> tiefer See, stagnierendes Milieu
 - Klastische Hangendfolge (teilweise Braunkohle)
 - Ölschieferfolge --> Fossilreichtum ! Insekten, Krokodile, Schildkröten, Urpferdchen
 - Klastische Liegendfolge (Transport aus NE) -> Schlamm und Trümmerströme

Mittel - und Norddeutschland

- Das Meer drang von der Nordsee kommend teilweise bis nach S und SE vor. Überflutungen :
- Burdigal, U. Miozän ==> Zeit der OMM -> Braunkohlehauptflöz (Miozän: Bergheim 100 m in Niederrheinischer Bucht)
- M. Oligozän Zeit der UMM : Rupel: --> Transgressionswelle bis ins Oberrheingebiet
- U. Oligozän: weit nach Osten (Latdorf)
- Mi. Eozän: Lutet.

außer Dan v.a. klastische Sedimente

vor marinem Bereich starke Senkung (im Gegensatz zu Mitteldeutschland, welches gehoben wurde); auch Salzablaugungswannen:

- *Senkungsmoore* (Sumpfmooere, Grasmooere, Bruchwaldmoore): => Limnisch-fluviatile Braunkohlen:
- wenige, aber dicke Flöze (10-20 stück, bis 100 m dick).
- Alttertiär: subtropisch mit Palmen, Laubwald (Geiseltal)
- im Jungtertiär: Coniferen-Sümpfe
- im E: Wanderung der Senkungszone:
 - Eozän: subherzyn (z.B. Geiseltal)
 - Oligozän: Niedersachsen
 - Miozän: nördl. Ostdeutschland und Polen
- im Westen: Niederrheinische Bucht: Hauptflöz 100 m, danach Urrheinschotter (Miozän).
- Braunkohlevorräte Deutschland ges. ca. 13 Mrd. Tonnen.

England, Frankreich:

früher: Germanogallisches Becken (O.Jura-Kreide) zog bis England

Zerfall im Tertiär:

- Süddeutsche Molasse
- Rest: Anglogallisches Becken. Zerfällt in weitere Teilbecken (London, Hampshire, Belgisches, Pariser Becken).

Sedimente: Kalke, Sandsteine, Mergel

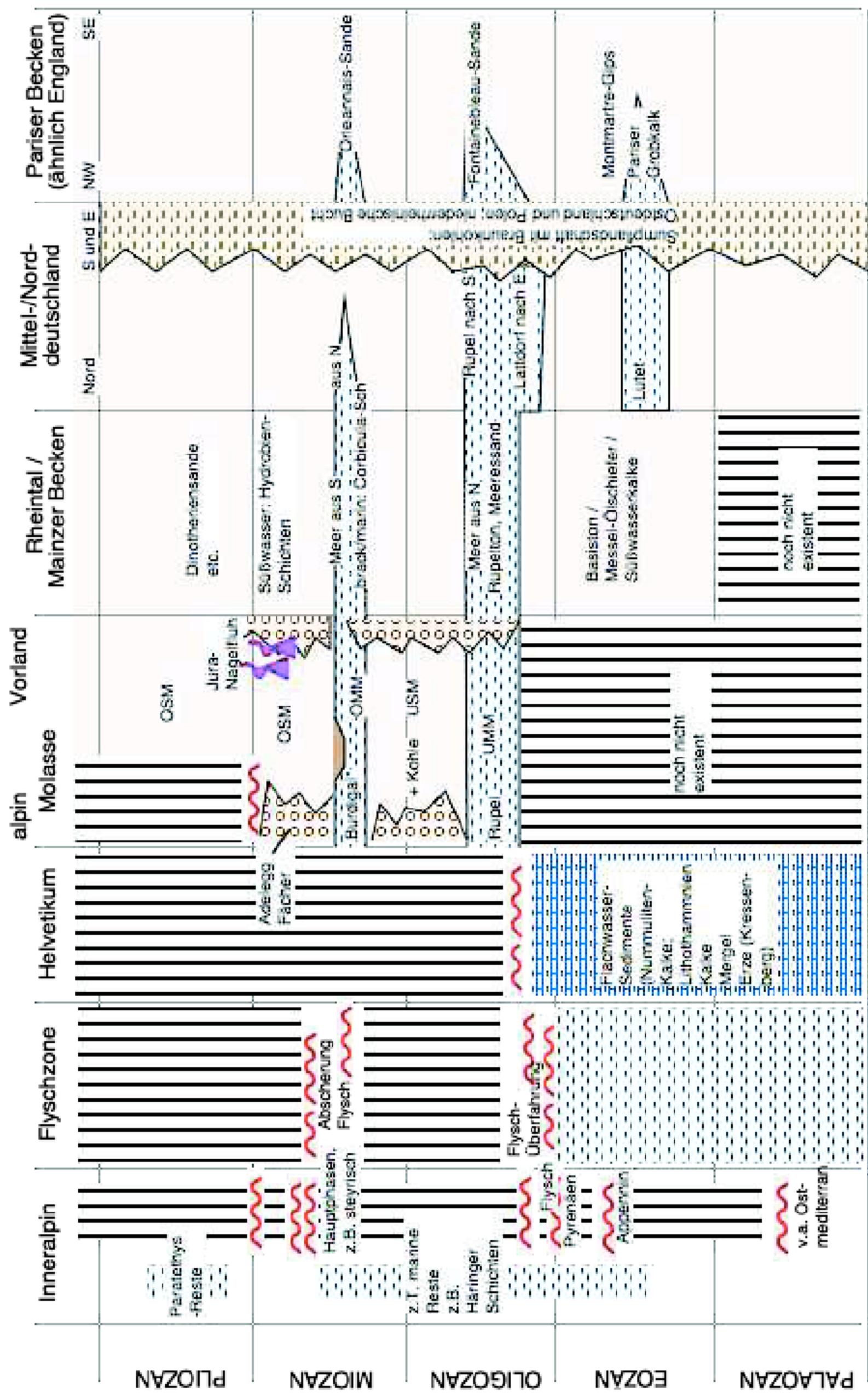
Fazies: marin bis festländisch; Überflutung aus Atlantik und Nordsee.

marine Maxima:

1. Lutet (Mi. Eozän): Pariser Grobkalk
dazwischen Priabon: Montmartre Gips
2. U./Mi-Oligozän (v.a. Rupel): Fontainbleau-Sande (Zeit der UMM)
3. höh. U. Miozän (v.a. Burdigal): z.B. Orleannais-Sande/Mergel, keine sehr weitgehende Transgression (Zeit der OMM).

weiter mit Sonderblatt 4 und 5

Fazies, ausgewählte Schichtglieder und Tektonik zwischen Alpen und Norddeutschland im Tertiär



* Burdigal: +/- Eggenburg, Ottnang

Paläogeographie, weitere Regionen:

SW-Europa: überall vergleichbare Entwicklung. Intrakontinentale Becken, mit marinen Einschaltungen v.a. im Miozän:

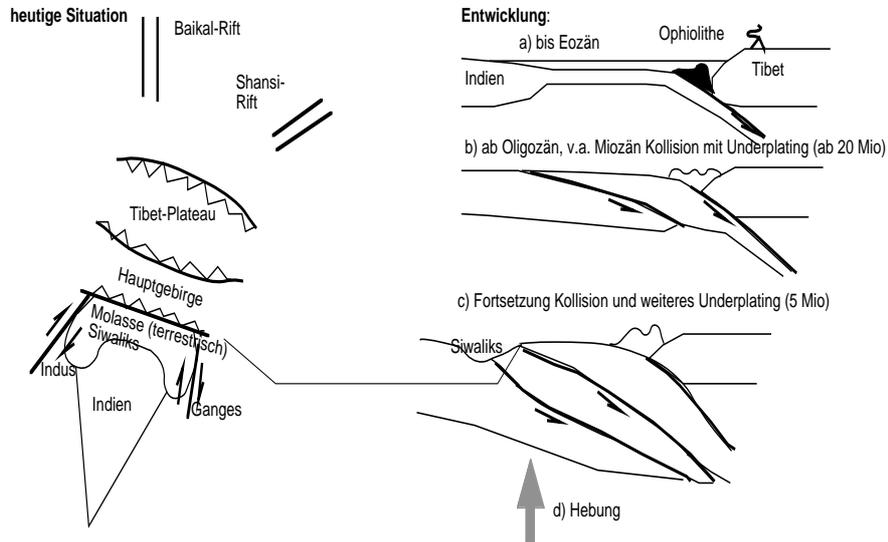
Aquitaine, Ebro-Becken, Portugal: Tejo-Becken.

z.T. rein terrestrische Becken: Spanien (z.B. Teruel-Becken): Alluvial-Fächer von Rändern; Seenablagerungen, z.T. Fluvial im Zentrum;
z.T. reiche Wirbeltierfundstellen

Asien:

Turgaistraße (marin), bis Oligozän, dahinter immer Festland: terrestrische Sedimente, z.B. Gobi: viele Wirbeltierfunde, kaum Kohlen

Himalaya-Entwicklung:



zu Himalaya:

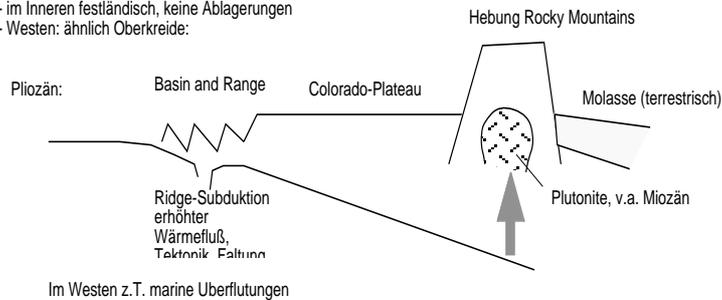
! Mittleres Eozän: erste Säuger aus Eurasien nach Indien --> randliche Kollision mit Indochina

! Mittleres Miozän: Beginn der Hauptkollision (20 Mio a). Seit 5 Mio verstärkt, hält noch an.

Nordamerika:

! im Inneren festländisch, keine Ablagerungen

! Westen: ähnlich Oberkreide:



Afrika:

!- generelle Anhebung

!- randliche Überflutungen (abnehmend)

!- Ägypten - Arabien: Cenoman - Lutet (Mi.Eozän): überflutet. Nummulitenkalke, im O.Eozän Gipsmergel, seit Oligozän: Urmildelta

!- seit U. Miozän: Rifting in Ostafrika.

! !- Triple Junction: Äthiopischer Dom

! !- mächtige neogene klastische Sedimente und Vulkanite

! !- wichtige Wirbeltier- und Menschenfundstellen, z.B. Serengeti: Olduvai-Schlucht (Lucy, 4 Mio)

! !- U. Miozän: noch tropischer Regenwald, dann zunehmend Savanne

Australien:

!- Immer wärmer, da äquatorwärts driftend

!- östlich Papua-Borneo: Sulawesi-Inseln. gewisse asiatisch-australische Faunenmischung ab Mi. Miozän (15 Mio), da Kollision

! (bemerkte bereits Darwin)

Sonderblatt 5 zum Känozoikum: Quartär:

Eiszeiten und Ausdehnungen siehe Beiblatt

Nordeuropa und Norddeutschland:

Glazial:

Tillite und Schmelzwasserablagerungen
Leitgeschiebe, z.B. Rapakiwi-Granit aus Finnland
Warvengliederung

Interglazial / Holozän:

Wie heute: Flüsse, Seen, Moore (Torf).
Nordsee und Ostsee: marine Schlicke und Muschelschille
Weiteres Einsinken des Baltischen Bereichs.

Vorstöße:

Elster /Mindel-Eiszeit: weitester Eisvorstoß
Holstein-Meer bis westliche Ostsee
Saale/Riss-Eiszeit: ebenfalls weiter Vorstoß
Eem-Meer: gesamte Ostsee normal salinates Wasser (bis Weißes Meer); sw-europäische
Warmwassermollusken über Ärmelkanal
Weichsel/Würm-Kaltzeit: weniger vergletschert.

Abschmelzphasen des Holozäns: vgl. Blatt 65, 60, 62

Südliche Nordsee: Flandrische Transgression (kontinuierlich)

Ostsee und Vorland:

- Jungpleistozän: 10.300 a: Subarktisch: Birke-Kiefer-Tundra
Präboreal: 8.800 Birke Kiefer:
1. Baltischer Eissstausee
 2. Yoldia-Meer (nachdem Eis aus Mittelschweden verschwunden war) (Yoldia: Arktische Muschel)
 3. Boreal: Hebung Baltischer Schild → Ancylus-See (Ancylus: Napfschnecke)
 4. Erosion → Transgression: Littorina-Meer: volle Salinität, Klimaoptimum (Atlantikum: 7.500 a: Eichenmischwald, 2-3 Grad wärmer als heute)
 5. danach wieder Hebung und Aussüßung: Lymnaea-Meer (Schnecke) (Subboreal, 4.700 a, Eichenmischwald, Buche) → Myameer (Subatlantikum 2.800a, Buche, Eiche, Tanne, Fichte) → Ostsee

Mittel- und Süddeutschland:

i.allg. eisfrei, nur in Alpen, Alpenvorland und Mittelgebirgen.
Periglazial: Löss (Flugsand, Dünen); Terrassen (Hochterrasse: Donau/Günz/Mindel; Mittelterrasse: Riss; Niederterrasse: Würm; Hoch- und Mittelterrasse auch als Deckenschotter zusammengefasst). → Anhebung im Altpleistozän (ohne Hebung keine Talverschachtelung!)
Schotterebenen: z.B. Riss-Iller-Platte, Moränen und sonstige Periglazialmorphologien (Toteislöcher etc.).

Mittelmeer:

Terrassen: höchste > 200 m, tiefste mehr als 100 m unter NN
Pluvial-Korrelation mit Eiszeiten problematisch,
z.B. Kaltzeiten: Mediterran im Westwindgürtel → meist "pluvial"
Warmzeiten: heutige Wüsten mit tropischen Sommerregen -> "pluvial"

Sibirien: je kontinentaler, desto weniger Gletscher: Permafrost extrem tief: 300-1500 m -> Mammutkadaver.

Nordamerika: extrem stark vereist; v.a. Osten (wg. Atlantikfeuchte). Alaska nur Gebirge vergletschert. Teilweise mit europäischen Eiszeiten korrelierbar.

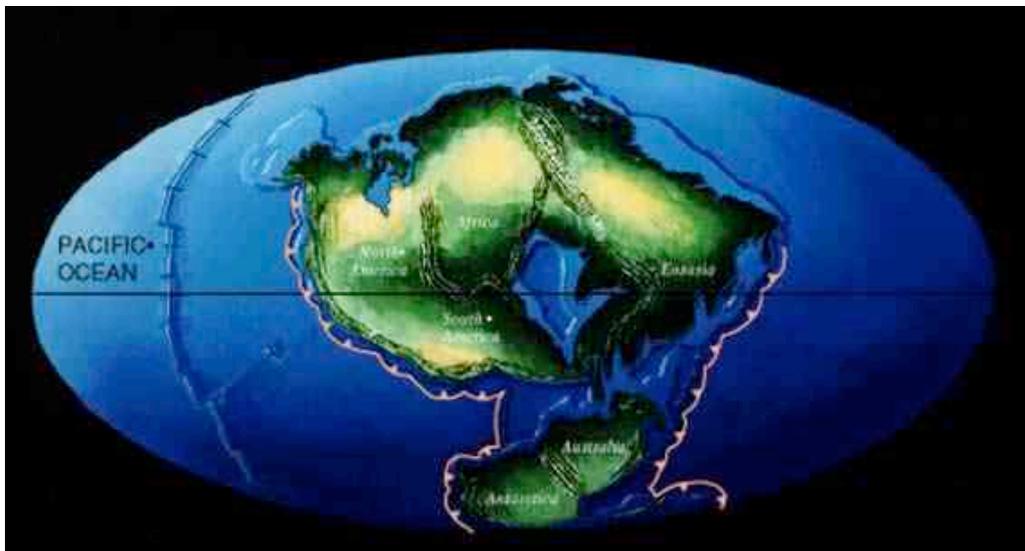
Tiefsee: wichtig für Datierung, Paläomagnetik, Paläotemperatur: z.B. Gürtelverschiebungen zirkumpolare Diatomeenschlämme vs. äquatoriale Globigerinenschlämme.

Vorschau:

In 10 Mio a:

- Alpen und Rockies weg; Himalaya noch hoch (underplating geht weiter)
- Afrika evtl. zersplittet, oder neues Riftsystem andernorts
- Persischer Golf zugeschoben?
- Mittelmeer zugeschoben?
- Evtl. beginnende Atlantik-Zuschiebung.

In 30 Mio a: Los Angeles neben San Francisco (S. Andreas-Störung)



Die Welt in 250 Mio Jahren: Back to "Neo-"Pangaea?? (Scotese 1997)