

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) drangen 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* -> Meeresspiegelabfall -> 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 Wiender 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. Alzeier Meeresrand)
- Eozän Basiston im mittleren und nördlichem Graben; Bohnerze und darüber Süßwasserkalke (z.B. Planorbis - Kalke) im südlichen Graben
Messel : (Lutet) Ölschiefer aus sapropelitischen 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* (Sumpfmoores, Grasmoores, 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