

Geologischer Rundgang

Handbuch



Wir benutzen die Strecke des Waldlehrpfades, um etwas zu erfahren über die Erdgeschichte.

Download: www.kinderfreunde-biel.ch (Haus / Umgebung)

Vorwort und Anleitung

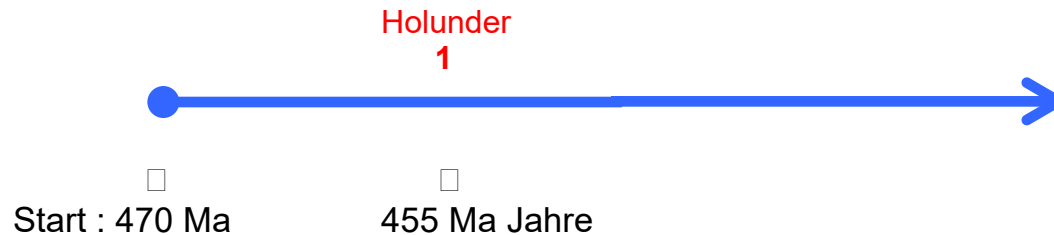
Bäume und Sträucher des Waldlehrpfads tragen nummerierte Hinweistafeln. Diese Nummern finden sich wieder in diesem Handbuch als rote Markierung auf einem Zeitstrahl. Die Stelle entspricht der Distanz bzw. der Anzahl Jahre vom Start weg.

1 Meter = 1 Million (Ma) Jahre

Beispiel: Wir starten bei der Linde vor dem Kinderfreundehaus. Folge dem Pfeil zur ersten Station mit Nummer 1 ROTER HOLUNDER. Sie ist 15 Meter vom Start entfernt, entsprechend 15 Ma Jahren.

Die Tafel markiert also die Zeit vor 455 Mio Jahren, das ist im oberen Teil der geologischen Periode namens Ordovizium.

Das Handbuch liefert Stichworte und Kurzbeschriebe zum jeweiligen Erdzeitalter.



Achtung: Der Rundgang ist nicht rollstuhlgängig, es geht teilweise „über Stock und Stein“. Der Verfasser wünscht allen, die den Rundgang benutzen viel Kurzweil und Erkenntnisgewinn.

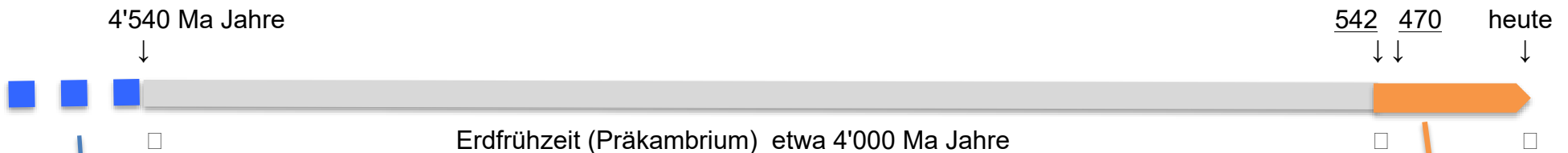
Dank: Dies ist eine Laienarbeit. Ich danke Herrn Prof. **Karl Ramseyer**, Geologe, der den Text auf fachliche Korrektheit überprüft und wo nötig korrigiert hat, sodass er dem Stand der Wissenschaft entsprechen sollte.

Vorschau

Der Baumrundgang misst rund 470 Meter. Nehmen wir an, ein Meter entspreche einer Million Jahre, dann durchschreiten wir also vom Start bis zum Ziel 470 Millionen (Ma) Jahre. Eine schwer vorstellbar lange Zeit für uns Menschen, die wir kaum 100 Jahre leben.

Aber: Diese 470 Ma Jahre sind nur etwa 1/10 der ganzen Erdgeschichte!

Geologen haben errechnet, dass die Erde als Planet der Sonne vor 4'540 Ma Jahren ihre Kugelform mit einer festen Oberfläche erreicht hat.



Und was war noch viel früher?

Wie stellen sich die Erdwissenschaftler die Entstehung der Erde vor?
Siehe dazu die nächste Seite.

Die Erdkugel war zu Beginn ohne Lebewesen, in schnellerer Rotation als heute und an der Oberfläche sehr heiss. Eine Atmosphäre musste sich in der Erdfrühzeit erst bilden, zunächst war gar kein Leben möglich.

Informationen zu diesem langen Zeitraum: Seiten 5 und 6

Der geologische Lehrpfad befasst sich also nur mit den letzten 470 Ma Jahren der Erdgeschichte:

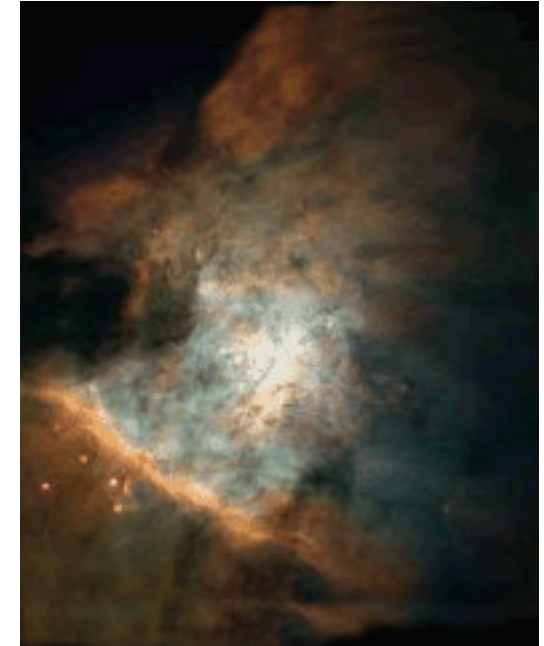
Erdaltertum (Paläozoikum)
Erdmittelalter (Mesozoikum)
Erdneuzeit (Känozoikum)

Eine Übersicht dazu auf der Seite 7

Und was war noch viel früher?

Der Raum, den jetzt das Sonnensystem einnimmt, war nicht leer sondern gefüllt mit einer Ansammlung von Gas und Staub. Grössere und kleinere Partikel schwebten nach der Entstehung des Universums (vor etwa 14 Milliarden Jahren) im Kosmos.

Die Anziehungskraft der Materie – die sog. **Gravitation** - bewirkte als erstes die Bildung der Sonne und eine zunehmende Ansammlung an bestimmten Stellen. Je grösser eine Zusammenballung wurde, umso mehr Anziehungskraft hatte sie und zog auch weiter entfernte Materie an. Mit kosmischer Geschwindigkeit prallten die Partikel in die Ansammlungen und ihre kinetische Energie wandelte sich durch die Abbremsung und Vermischung in Wärme. Die Materiewolke verdichtete sich zunehmend und wurde dadurch immer mehr aufgeheizt. Zusätzliche Wärme lieferten radioaktive Zerfälle. Schliesslich ging der heisse Brei in den flüssigen Aggregatzustand über. Benachbarte kleinere und grössere Ansammlungen saugten sich gegenseitig an und die Massen stürzten ineinander und vermengten sich zu einem noch grösseren Gebilde.



Die Zusammenprälle der Massen aus verschiedenen Richtungen verursachten nicht nur Hitze, sondern auch einen Drall, der die grösste zentrale Masse (die Sonne) und die Ur-Planeten in **Rotation** versetzte. Ab jetzt gab es auf der Erde Tag und Nacht.

Das war **die Akkretionsphase** des Sonnensystems, es entstand aus einem kosmischen Nebel. Dieser Vorgang war vor 4.54 Milliarden Jahren beendet.

In der Endphase bildete sich auf dem glutflüssigen Erdball eine dünne Kruste aus leichteren Elementen, während sich die schwereren nach innen absetzten. Vor etwa 4.54 Milliarden Jahren hat unsere Erde ihre heutige Gestalt erreicht. Zur **Erdwärme-Nutzung**: Siehe Seite 26.

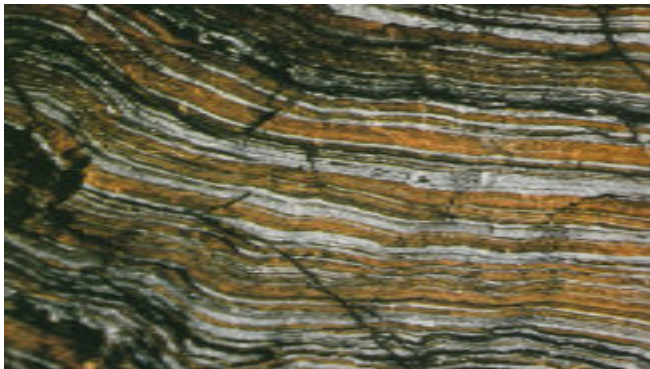
Die Erdfrühzeit (Präkambrium, 4'540 – 541 Ma Jahre)

In dieser frühesten Phase verfestigt sich die Erdkruste langsam. Sie ist noch dünn, bricht immer wieder auf durch aufsteigende Ergussmassen. Aus dem All hagelt es Meteorite, welche riesige Krater schlagen in denen sich Lavaseen bilden. Die langsam abkühlenden Gesteinsschmelzen geben verschiedene Gase ab: Vorwiegend Wasserdampf, auch Kohlendioxyd, Salzsäure, Chlor, Stickstoff und andere. Diese vulkanischen Ausgasungen bilden eine Gashülle um den jungen Planeten, die **Ur-Atmosphäre**.

Sobald die Abkühlung weniger als 100°C erreicht, kann der Wasserdampf zu Wasser kondensieren, das sich in tieferen Lagen sammelt und die **Ur-Ozeane** bildet. Aus dem Wasser ragen erstarrte ehemalige Tiefengesteine, die **Ur-Kontinente**. Der säurehaltige Regen greift die Steine an und schwemmt die Erosionsprodukte wieder ins Meer, wo sich am Boden mächtige Ablagerungsschichten absetzen.

Das Gestein in der Tiefe ändert unter Druck und Hitze seine Struktur, es entstehen neue, metamorphe Gesteine.

Sie verwandeln sich unter bestimmten Bedingungen zu Erzen: Eisen, Kupfer, Zinn, Blei, Gold, Silber und andere Metalle.



In den ältesten Gesteinen – über 3 Milliarden Jahre alt - lassen sich erste Bakterien nachweisen. So haben diese Cyanobakterien zur Bildung von Bändereisen-Erzen geführt.

An seichten Meeresrändern bilden sich Rasenteppiche von Mikrobenkolonien, (Grünalgen und Bakterien) welche mit Hilfe der Photosynthese Kalk abscheiden und lagige oder knollenförmige Gebilde (Stromatolithe) hinterlassen.

Über die Entstehung des Lebens

Wie konnten die Bakterien in dieser lebensfeindlichen Umgebung überhaupt entstehen?

Der Übergang von anorganischen Substanzen zu einfachen lebenden Organismen ist nicht geklärt. Die Wissenschaft hat dazu verschiedene Hypothesen, welche von einer stufenweisen Entwicklung ausgehen:

Eine unbelebte Struktur von Makromolekülen konnte sich mit einer Membrane umgeben und mittels dieser einen primitiven Stoffwechsel mit der Umgebung aufnehmen. So konnte sich die Struktur erhalten und durch Zellteilung reproduzieren.

Aus Vorstufen der heutigen Bakterien entwickelten sich Organismen mit Zellkern, die immer neue und komplexere Varianten des Stoffwechsels ermöglichten. Wesentlich war die Energieaufnahme vom Sonnenlicht, die Photosynthese. Bakterien wie die Cyanobakterien konnten damit Sauerstoff produzieren, der sich zunächst im Wasser anreicherte und sofort zur Oxidation des gelösten Eisens (Bildung von Bändererz) verwendet wurde. Als dieses gelöste Eisen in den Ozeanen oxidiert war, reicherte sich der Sauerstoff in der Uratmosphäre an. Mit dem Sauerstoff vervielfachten sich die Kombinationsmöglichkeiten der Zellen und damit der Lebensformen.

Am Ende des Präkambriums herrschte bereits eine Vielfalt von Lebensformen in der Form von mehrzelligen Tieren, einzelligen Bakterien und Pflanzen (Grünalgen) im Wasser und im Boden.



Übersicht über die Erdzeitalter

Erdfrühzeit

Präkambrium

Erdaltertum

Paläozoikum 289 Ma Jahre

Erdmittelalter

Mesozoikum 186 Ma

Erdneuzeit

Känozoikum 66 Ma



- 1** **2** **3** **4** **5** **6** **7** **8** **9** **10** **11** **12**

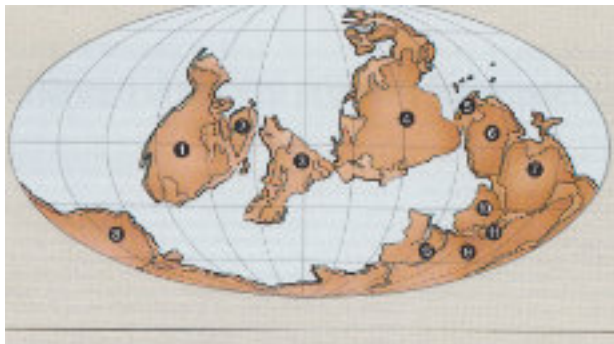
| Nr. | Perioden | Zeit vor ... Ma J. | Dauer Ma Jahre | Stichworte und Näheres auf den Seiten ... |
|-----------|--|--------------------|----------------|---|
| | Erdaltertum (Ära Paläozoikum) | | 289 | |
| 1 | Kambrium | 541 - 485 | 56 | |
| 2 | Ordovizium | 485 – 444 | 41 | Start Rundgang bei 470 Ma, Seite 10 |
| 3 | Silur | 444 – 420 | 24 | Seite 10 |
| 4 | Devon | 420 – 359 | 61 | Seite 10 / 13 |
| 5 | Karbon | 359 – 299 | 60 | Seite 13 |
| 6 | Perm | 299 – 252 | 47 | Seite 15 |
| | Erdmittelalter (Ära Mesozoikum) | | 186 | |
| 7 | Trias | 252– 201 | 51 | Seite 15 |
| 8 | Jura | 201– 145 | 56 | Seite 17 |
| 9 | Kreide | 145 - 66 | 79 | Seite 17, 19 |
| | Erdneuzeit (Ära Känozoikum) | | 66 | |
| 10 | Paläogen | 66 - 23 | 43 | Seite 19, 21, 23 |
| 11 | Neogen | 23 – 2.6 | 20.4 | |
| 12 | Quartär | 2.6 - heute | 2.6 | Seite 23 Der Mensch erscheint erst am Ende des Quartärs |

Die Perioden werden unterteilt in Epochen (Beispiel Jura: Lias - Dogger - Malm), die Epochen wiederum werden unterteilt in Stufen.

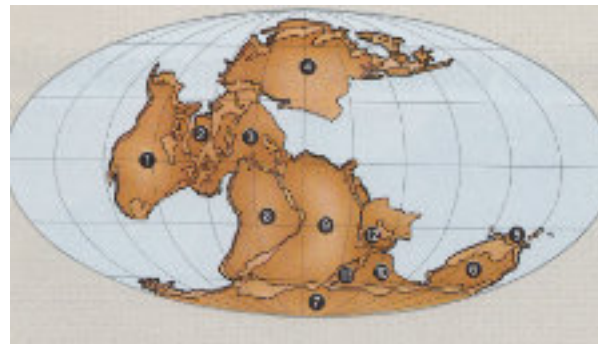
Bevor wir den Rundgang starten, muss noch etwas gesagt werden über die sogenannte

Plattentektonik (Kontinentaldrift)

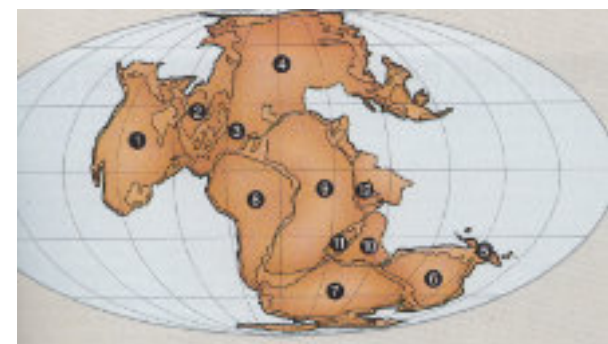
Die Erde hat nämlich nicht immer so ausgesehen wie heute. Die Kontinente driften sehr langsam, und in grösseren Zeiträumen ändern sich die Positionen der Kontinente deutlich:



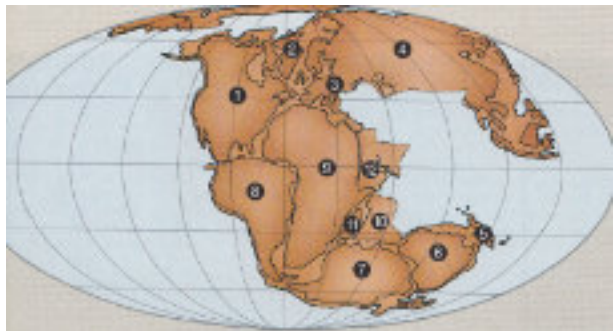
vor 490 Ma Jahren (Ordovizium)



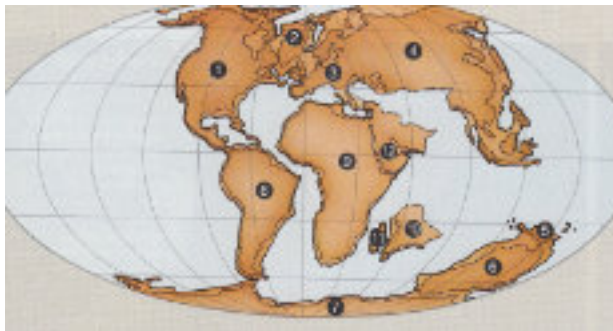
vor 320 Ma J. (Karbon)



vor 245 Ma J. (Trias) Pangäa



vor 175 Ma J. (Jura, Dogger)



vor 100 Ma J. (Kreide)



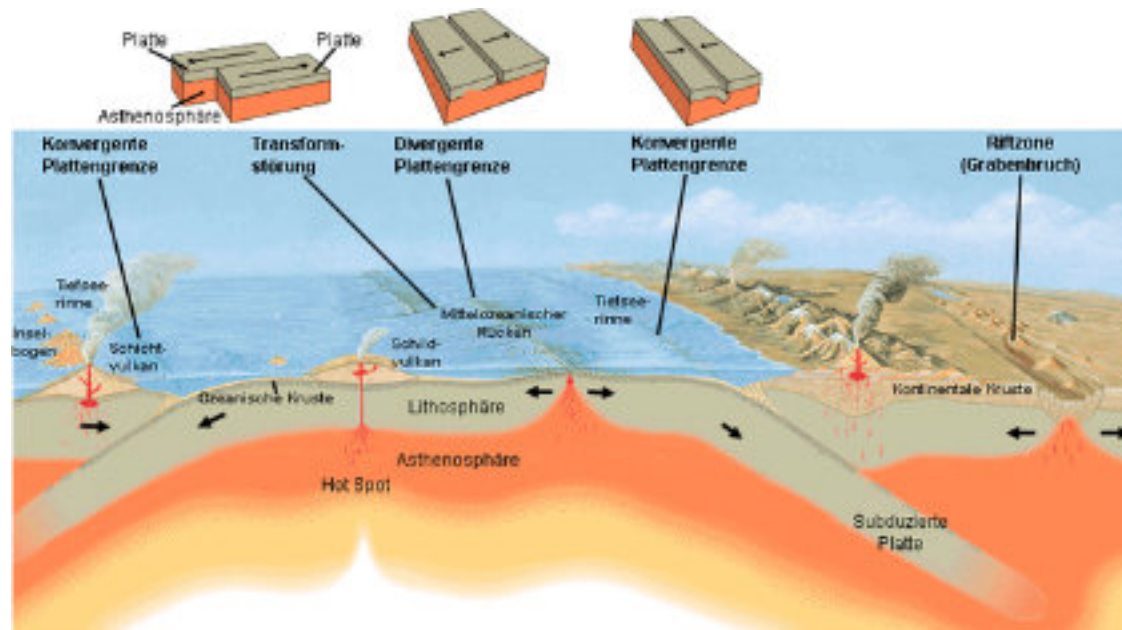
vor 15 Ma J. (Neogen, Miozän)

Die Erdkruste ist in kontinentale und ozeanische Platten aufgeteilt, welche auf dem Erdmantel gleiten. Der „Motor“ dieser Verschiebungen ist offen, es könnten Konvektionswalzen im Mantel oder das Absinken von kühleren Plattenteilen in den Erdmantel sein.

(Fortsetzung Plattentektonik)

Im Atlantik-Ozean zwischen der amerikanischen und der eurasischen Platte quillt aus einem Riss ständig Magma hervor. Es erstarrt im Meerwasser und bildet zu beiden Seiten neue Erdkruste. So werden Amerika und Europa pro Jahr etwa 2- 3 cm auseinander gedrängt.

Durch die stossenden und zerrenden Kräfte rammen sich die Platten an ihren Rändern (Indien / China). Dort werden Gebirge aufgestaucht. An anderen Stellen wird eine Platte unter die andere geschoben. Bei dieser sog. Subduktion gelangt die abtauchende Kruste in immer tiefere und heissere Zonen. Sie wird aufgeschmolzen, die dabei entstehenden Gase und das leichtere flüssige Magma drängen nach oben. Manchmal finden sie einen Weg bis zur Oberfläche, wo sie als **Vulkane** ausbrechen und flüssige Lava deponieren.



Jetzt starten wir zum geologischen Rundgang bei der Linde vor dem Kinderfreundehaus. Da stehen wir also in der Zeit vor 470 Millionen Jahren. Am Ende des Rundgangs befinden wir uns dann in der Jetzt-Zeit.

| Was hat sich ereignet im Ordovizium, im Silur und im Devon? | |
|--|---|
| Erdoberfläche Klima | Feuchtwarm Kaledonische Gebirgsbildung ¹ trockenwarm |
| Fauna (Tierwelt) Leitfossil | Im Wasser leben Grünalgen, Mikro-Organismen, Arthropoden (z.B. Trilobiten) Cephalopoden (Kopffüßer), Brachiopoden (Armfüßer) Schnecken, Muscheln, Schwämme, Korallen, Echinodermen (Stachelhäuter, Seelilien und Haarsterne), fischartige Wirbeltiere. Ende Kambrium starben 80% der marinen Arten und Ende Ordovizium 50% aller Arten (Flora und Fauna) aus. Trilobiten Brachiopoden |
| Waldlehrpfad | |
| Zeitstrahl Mio Jahre Periode | 500 485 470 455 444 420 415 400 K a m b r i u m O r d o v i z i u m S i l u r D e v o n |
| Flora (Pflanzenwelt) | Erste Farne und Sporenpflanzen treten im Ordovizium auf. Im Silur entstehen massenhaft Gefässporenpflanzen (farnartige Pflanzen) und im Devon bilden sich an Land üppige Wälder von Baumfarne und Samenpflanzen. |
| Bodenschätze | Erdöl-Lagerstätten ³ bilden sich Geothermie ⁴ |
| Anmerkungen Verweise | ¹ So entstehen Gebirge: Seite 11 ² Näheres zu Karst: auf Seite 12 ³ zur Entstehung von Kohle und Erdöl siehe Seite 14 ⁴ Geothermie: siehe Seite 26 |

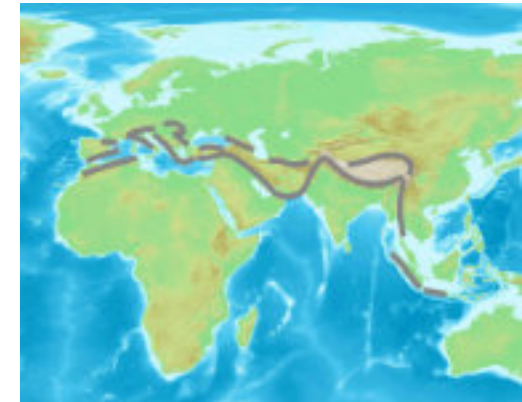
So entstehen und vergehen Gebirge

Wenn sich zwei Kontinentalplatten der Erdkruste gegeneinander bewegen, kollidieren sie und eine Platte wird über die andere geschoben. Entlang der Kollisionszone bildet sich ein Gebirge (z.B. Alpen). Trifft aber eine ozeanische Platte auf eine Kontinentalplatte, so taucht die ozeanische unter die Kontinentalplatte und es bildet sich ein Gebirge (z.B. Südamerika, Anden), siehe Seiten 8 und 9, Plattentektonik. Gebirge entstanden schon in der Erdfrühzeit (Präkambrium). Man nennt die Gebirgsbildung Orogenese und sie erfolgte phasenweise.

Die sog. Kaledonische Phase begann schon vor circa 485 Ma Jahren im Ordovizium und kam zum Stillstand im Silur. Heute sind diese Berge durch Erosion weitgehend abgetragen. Reste davon sind aber noch zu beobachten in Wales, Irland, Schottland (früher Kaledonien genannt), Brabant, Ardennen.

Im Devon folgte die variszische Orogenese, sie dauerte gut 200 Ma Jahre. Da türmten sich Berge auf im französischen Zentralplateau, die Vogesen, in Deutschland der Schwarzwald und der Harz, die Sudeten in Polen / Tschechien und in Amerika die Appalachen sowie die Anden.

Die jüngste Phase begann vor 200 Ma Jahren in der Jura-Zeit und dauert heute noch an, die alpidische Gebirgsbildung. Dazu gehören die Alpen, die Pyrenäen, der Atlas, die Karpaten, der Himalaya und auch die Rocky Mountains in Amerika.



Verwitterung und Erosion

Je höher ein Gebirge aufragt, umso stärker wirkt die Abtragung (Erosion). Das Gestein wird chemisch gelöst / umgewandelt oder mechanisch zerkleinert zu Geröll, Sand, Staub. Bergstürze, Bäche oder Flüsse, Gletscher oder Wind transportieren das Material ins Tal. Mit der Zeit werden hohe, spitze Berge zu gerundeten Hügeln, wogegen tiefe Täler aufgefüllt werden.

Karst (Station 2)

Dieser Bergahorn klammert sich an felsiges Blockwerk, er steht auf einer **Karst-Oberfläche**. Der zerfurchte Felsriegel erstreckt sich von hier in südlicher Richtung etwa 600 Meter bis zur alten Sporthalle.


Karst ist ein Lösungsphänomen das typisch ist für wasserlösliche Gesteine wie Kalk, Gips oder Steinsalz. Bei der Station 2 wurde Malm-Kalk, der vor rund 150 Millionen Jahren im seichten Jurameer abgelagert wurde (Jurazeit: Seite 17) gelöst.

Kalkstein bildet sich überwiegend im Meer und besteht aus Kalkschlamm und oftmals auch grösseren Partikeln wie Schalentteile von Muscheln, Schnecken, Brachiopoden, Korallen, einzelligen Tieren (Foraminiferen) und weiterer Organismen-Skeletten, Ooiden sowie Wasser. Dieses Gemisch von Partikeln und Wasser (Porenraum) wurde durch das Gewicht des laufend darüber abgelagerten Sediments gepresst und es scheidete sich Karbonat im Porenraum aus. Dieses Karbonat (Zement) verfestigte den Karbonat-Schlamm und die Partikel zu einem festen Kalkstein.

3 mm Kalkstein entspricht etwa 100 Jahren Ablagerung!

Tektonische Kräfte (siehe Plattentektonik) hoben den Meeresboden über den Wasserspiegel und damit wurde er der Verwitterung ausgesetzt. Auf den schräg gestellten Schichten löste das abfließende Regenwasser ständig etwas Kalk auf. Dieser chemische Vorgang frass mit der Zeit tiefe Rillen in den Fels. Es wurden sogar Risse unter der Oberfläche zu unterirdischen **Höhlensystemen** durch Lösung des Karbonat-Gesteins aufgeweitet, durch welche nach Regenfällen Wasser floss.



| | |
|---------------|--|
| | Was hat sich ereignet im Devon und im Karbon ? |
| Erdoberfläche | Der Süd-Kontinent ¹ bricht auseinander. Europa und Amerika liegen noch nahe beisammen. Auf dem Nord-Kontinent bilden sich Meeresströge, das Ur-Mittelmeer entsteht, Tethys genannt. |
| Klima | Die variszische Gebirgsbildung ² setzt ein. Warm – heiss, trocken warm - feucht |
| Fauna | Neue Meeresbewohner: Knorpelfische (Haie), Belemniten (ähnlich wie heutige Kalmare) und Nautiliden (Ammonoideen) bewegen sich mit dem Rückstossprinzip. Knorpelfische wie Störe. Quastenflosser und Amphibien, Lungenfische. Neue Landbewohner: Flügellose Insekten, Springschwänze, Asselspinnen. Tausendfüsser gehen aus dem Flachwasser an Land. Milben und Spinnen. Erste Reptilien und Fluginsekten . Ichthyostega ³ (Tier mit Fischschwanz) kann im Wasser und an Land leben. Ende Devon sterben 50% aller Arten aus (Flora und Fauna) |
| Leitfossilien | Brachiopoden Ammoniten Foraminiferen |
| Waldlehrpfad | |
| Zeitstrahl |  |
| Mio Jahre | 400 385 370 359 345 337 307 300 |
| Bezeichnung | D e v o n K a r b o n 299 |
| Flora | Neue Arten von Landpflanzen erscheinen in dichten Wäldern: Nacktsamer mit verzweigten Stengeln, blattlos aber mit Gabelwedeln. Bärlappgewächse, Schachtelhalme. Vermehrung durch Sporen. Farngewächse. Aus Wasserpflanzen entwickeln sich frühe Landpflanzen mit Wurzeln und Leitgewebe für den Saffhaushalt. Schuppenbäume. |
| Bodenschätze | Bildung von Blei-, Zink, Silber und Kupfer-Erzen in Tongesteinen. Kohlenlager ⁴ |
| Anmerkungen | ¹ Gondwana genannt, siehe Plattentektonik, Seiten 8 und 9 |
| Verweise | ² heutige Überbleibsel: Franz. Zentralplateau, Mitteldeutschland, Sudeten, N-Amerika: Appalachen. ³ Bild Seite 16 ⁴ siehe Seite 14 |

Wie sich Kohle, Erdöl und Erdgas gebildet haben



So kann man sich eine Gegend zur Karbon-Zeit vorstellen: Sumpfige Wälder bilden im feuchtkühlen Klima dicke Moorböden. Das abgestorbene Pflanzenmaterial wird zu Torf, wenn es von Wasser überflutet und somit vom Luftsauerstoff abgeschirmt wird. Durch Überlagerung mit pflanzlichem Material/Sediment erfolgen unter Luftabschluss zuerst biochemische Umwandlungen und mit zunehmender Versenkung (=Temperaturerhöhung) wird Torf chemisch zu Braunkohle dann zu Steinkohle und am Schluss zu Anthrazit (mehr als 95% Kohlenstoff) umgewandelt. Es entstehen Kohlenflöze.

Erdöl und Erdgas entstehen aus organischen Überresten von Pflanzen (Algen), die unter fehlendem Sauerstoff in Kohlenwasserstoffe abgebaut werden. Dieser Prozess bedingt höhere Temperaturen über längere Zeit. Die energiereichen neuen Verbindungen wandern in überlagernde poröse Schichten ein. Oberhalb liegende undurchlässige Schichten bilden manchmal ein Gewölbe, wo das Erdgas oder Erdöl gefangen bleibt. Diese „Glocken“ werden in der Jetztzeit angebohrt und das Erdöl / Erdgas an die Oberfläche geholt.

| | |
|---------------|--|
| | Was hat sich ereignet im Perm und zu Beginn des Erdmittelalters (Trias) |
| Erdoberfläche | Alle Landmassen bilden den grossen Superkontinent Pangäa ¹ , er beginnt auseinander zu brechen Das Ur-Mittelmeer (Tethys) wird grösser, es trennt den nördlichen Superkontinent Laurasia vom südlichen Gondwana. Die variszischen Gebirge sind weitgehend erodiert. |
| Klima | Trockenheiss, Wüstenbildung im Norden |
| Fauna | Ammoniten, Kleinkrebse, Insekten wie Steinfliegen und Netzflügler, erste Käferarten. es kommen Knochenfische, reptilartige Amphibien und Wirbeltiere. Neue, säugetierähnliche Formen der Reptilien treten auf. ² Ende Perm sterben 95% der marinen und 66% der terrestrischen Arten aus. |
| Waldlehrpfad | Beginn des Mesozoikums |
| Zeitstrahl | |
| Ma Jahre | 300 299 272 252 237 212 200 201 P e r m T r i a s |
| Flora | Karbonflora stirbt langsam aus und wird von Nacktsamer-Pflanzen (Koniferen, Palmfarne, Ginkogewächse) abgelöst. |
| Bodenschätze | Salzlager, Überbleibsel von eingedampften Flachmeeren. Gips, Kali. Erdgaslager in der Nordsee. |
| Anmerkungen | ¹ Der Riesenkontinent wird Pangäa genannt, siehe Seite 8, Plattentektonik. Er beginnt Ende Trias auseinander zu driften. ² woher weiss man das? Siehe nächste Seite |

Woher weiss man das?

Viele Pflanzen- und Tierarten der damaligen Zeit sind ausgestorben. Trotzdem weiss man Einiges über sie, weil sie manchmal im Gestein als sog. **Fossilien** Spuren hinterlassen haben. Unter bestimmten günstigen Bedingungen verwandeln sich die abgestorbenen Lebewesen zusammen mit dem Material, in dem sie eingebettet liegen zu Stein. Der Versteinerungsvorgang heisst Petrifikation.

Die Paläontologen können aus den Versteinerungen das ursprüngliche Aussehen rekonstruieren. Anhand der versteinerten Merkmale und Organe kann man auf ihren Lebensort und Lebensweise schliessen. Die Zähne geben Hinweis auf die Ernährung: Pflanzen-, Insekten- oder Fleischfresser.



Ichthyostega (Devon)



Perm-Nadelgehölz



Perm-Amphibie

Was hat sich ereignet in der Jura- und in der Kreidezeit?

| | |
|---|--|
| <p>Erdoberfläche Klima</p> | <p>Grabenbrüche leiten den Zerfall des Pangäa-Blockes ein Mittelatlantischer Rücken spreizt Europa von Amerika</p> <p style="text-align: right;">alpidische Gebirgsfaltung</p> <p>Mild warmes Jurameer zunehmend trocken subtropisch</p> |
| <p>Fauna</p> | <p>zahlreiche neue Reptilienarten, Vorläufer der Säugetiere, frühe Säugetiere, erste Vögel ¹ Mücken, Fliegen, Schmetterlinge, Frösche Dinosaurier, Riesenechsen und grösste Landtiere aller Zeiten</p> |
| <p>Waldlehrpfad Zeitstrahl Ma Jahre Bezeichnung</p> | <p>Hasel 11, Schneeball 12, Mehlerbeerbaum 13, Esche 14</p> <p>200, 177, 145, 137, 100</p> <p>J u r a K r e i d e L i a D o g g e r M a l m J u r a</p> |
| <p>Flora</p> | <p>Artenreiche Juraflora mit Farnen, Konifeeren und Ginkgophyten, Mitte Kreide Übergang zu Bedecktsamern (Laubhölzer, Gräser) Erste Blütenpflanzen.</p> |
| <p>Bodenschätze</p> | <p>Anhydrit und Steinsalz, Bauxit, Steinkohle Auf der arabischen Platte werden Kalksedimente abgelagert, die später zum Muttergestein für Erdöl werden Solhofer Kalkschichten (Bayern) mit reichhaltigen Fossilien</p> |
| <p>Anmerkungen</p> | <p>¹ Beispiele für Rekonstruktionen von Sauriern siehe nächste Seite</p> |



Flugreptil *Dimorphodon macronyx*



Ancylosaurier



Urvogel *Archaeopteryx* (Solnhofen)



Rekonstruktion eines *Archaeopteryx*

| Was hat sich ereignet in der Kreidezeit und im Känozoikum? | |
|--|--|
| Erdoberfläche Klima | Alpidische Gebirgsbildung Gemässigt warm trocken Kontinentaldrift verändert Meeresströmungen feuchtwarm Antarktis vereist |
| Fauna | Riesenwuchs bei Sauriern und Ammoniten, Warane, erste Meeressäuger, erste Rüsseltiere, Primaten mit Hominidenmerkmalen An der Jura-Kreide-Grenze sterben 50% aller Arten aus (Dinosaurier, Ammoniten ¹) |
| Waldlehrpfad Zeitstrahl MiaJahre Bezeichnung | <p>Timeline markers (MiaJahre): 100, 87, 66, 55, 47, 15, 20, 2.6</p> <p>Plant evolution markers (MiaJahre): Salweide / B. (15/16), Rose (17), Sw. Holunder (18), Eberesche (19), Linde (20)</p> <p>Geological periods: Kreide (100-66), Tertiär ² (66-2.6), Quartär (2.6-0)</p> |
| Flora | Fichten, Lärchen, Zedern Laubbäume: Birken, Ulmen, Eichen, Buchen, Ahorn Erste Gräser bilden Wiesen Verschiebung der Florenprovinzen |
| Bodenschätze | Manganknollen in der Tiefsee Kieselige Feuerstein-Knollen in Kreideschichten Braunkohlebildung in Europa |
| Anmerkungen | ¹ Aussterben der Dinosaurier siehe nächste Seite ² Unterteilung des Känozoikums: Siehe Seite 21 |

Artensterben und Untergang der Saurier

Warum verschwinden gegen das Ende der Kreidezeit zahlreiche Arten? Es gibt dazu verschiedene Vermutungen, keine der Hypothesen ist bewiesen:

Katastrophentheorie: Futtermangel wegen Klimaverschlechterung durch Vulkanismus und/oder Meteoreinschlag?
Krankheitstheorie: Hormonale Störungen vernichten den Nachwuchs noch im Ei-Stadium.

Das Artensterben geschah nicht schlagartig, es betraf nicht nur die Saurier sondern auch Belemniten, Ammoniten, Insekten und weitere Tierarten zu Wasser und zu Land.



Mosasaurus

| Was hat sich ereignet im Tertiär? | |
|-----------------------------------|---|
| Erdoberfläche | Indischer Kontinent driftet nach Norden und trifft auf eurasische Platte: Himalaya Ozeanböden spreizen sich weiter (Atlantik) neue Meeresströmungen Rheingraben-Bruch (25) |
| Klima | Vulkanismus: Frankreich Eifel, Hegau Feuchtwarm, tropisch mild weltweite Abkühlung Antarktis vereist |
| Fauna | Oktopoden (Kraken) Landraubtiere, erste Gürteltiere, erste Huftiere, Urpferd Fledermäuse Artensterben bei Säugetieren, zugleich entstehen neue Arten Nagetiere, frühe Primaten (Halbaffen) hundartige Raubtiere Rüsselträger |
| Waldlehrpfad | <p>The diagram shows a horizontal timeline from 66 Ma to 2.6 Ma. A blue arrow points from left to right. Key plants are marked with red text and vertical lines: Rose (17 Ma), Sr. Holunder (18 Ma), Eberesche (19 Ma), and Linde (20 Ma). The geological epochs are labeled below the timeline: Kreide (66-56 Ma), Paläozän (56-34 Ma), Eozän (34-23 Ma), Oligozän (23-5.3 Ma), Miozän (5.3-2.6 Ma), and Quartär (2.6-0 Ma).</p> |
| Flora | Palmen in Grönland, tropischer Regenwald, baumförmige Liliengewächse Pflanzen passen sich an das Bergklima an |
| Bodenschätze | Salzlager aus eingetrockneten Meeresarmen, Bernstein aus Baumharz Bohnerzbildung ² im Eozän Aus Torfmooren entstehen Braunkohleflöze Kies |
| Anmerkung | ¹ Epochen des Tertiär: Paläozän (vor 66 – 56 Ma Jahren); Eozän (56 – 34 Ma); Oligozän (34 – 23 Ma; Miozän (23 – 5.3 Ma) und Pliozän (5.3 – 2.6 Ma); ab dann gilt das Quartär, umfassend die Epochen Pleistozän (2.6 – 0.012 Ma und Holozän (12'000 – heute) ² über Bohnerz siehe Seite 22 |

Bohnerz

Bohnerz nennt man eisenhaltige Kügelchen in der Grösse von Erbsen oder Bohnen. Sie entstanden während der eozänen Verwitterung von Kalkstein durch Ausscheiden aus eisenhaltigen Lösungen in roten bis braunen Tonen. Ein Teil des Materials (Bohnerz und Ton) wurden in **Karsttaschen** des **Malms** eingeschwemmt. Hier war es vor weiterer Erosion geschützt.

Mit der Jurafaltung vor 10 bis 2 Ma Jahren wurden besonders in den Hochlagen der Jurafalten die Karsttaschen durch Erosion der überliegenden Sedimente aufgeschlossen und das Bohnerz kam ans Licht.



Lehmscholle mit Bohnerz, Vauffelin

Bereits die Kelten wussten diesen Bodenschatz zu heben. Im Frühmittelalter haben die Juraklöster damit Eisen hergestellt und bei Delémont wurde bis in die Neuzeit Bohnerz bergmännisch abgebaut. Die oberflächlichen Vorkommen sind heute praktisch erschöpft. Ehemalige Schürfstellen sind heute noch im Gelände bei Péry, Plagne, Vauffelin, Lengnau und Pieterlen zu erkennen.

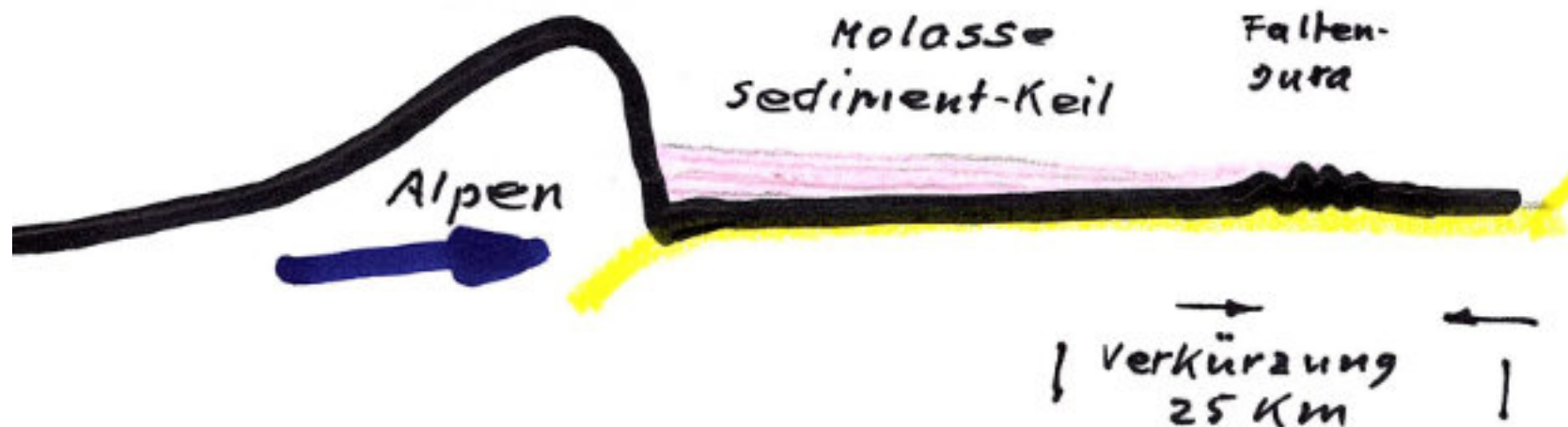
| | |
|---|--|
| | Was hat sich ereignet in den letzten 20 Mio Jahren? |
| Erdoberfläche Klima | Spätphase Alpenfaltung Ost-Tethys verschwunden Meteorit Nördlingen (14.9) Hegau-Vulkane (12) Faltenjura (10 - 2) ¹ Weltweite Abkühlung Arktis vereist Eiszeiten ² |
| Fauna | Neue Affengattungen, Menschenaffen (Primaten), Rüsseltiere, Maulwurfähnliche, Erdferkel Walrosse, Seelöwen Mastodonten Aussterben früher Säugergruppen |
| Waldlehrpfad Zeitstrahl Ma Jahre Bezeichnung | <p style="text-align: center;">Eberesche 19</p> <p style="text-align: right;">Linde 20</p> <p style="text-align: center;">20 15 10 5.3 2.6 </p> <p style="text-align: center;">T e r t i ä r P l i o z ä n Q u a r t ä r</p> <p style="text-align: center;">M i o z ä n</p> |
| Flora | Florenprovinzen verschieben sich, Anpassung an das kühlere Klima |
| Anmerkung | ¹ Jurafaltung siehe Seite 24 ² Näheres zu den Eiszeiten auf Seite 25 ³ Der Mensch erscheint erst ganz am Schluss des Quartärs, im sog. Holozän, siehe Seite 27 |

Die Jurafaltung

Magglingen liegt auf der vordersten Jurafalte, auf der sog. Seekette. Wie kam es zur Bildung des Faltenjuras?

Die nach Nordwest drängenden Alpen schieben einen Keil aus Sedimenten des Molassebeckens (Trias bis Miozän) vor sich her. Dieser wurde vom Untergrund in weichen Trias-Schichten abgeschert. Wo die Sedimente ausdünnen, wurden sie zu Falten aufgestaucht. Der Faltenjura (auch Kettenjura genannt) ist als „Fernschub“ der vorrückenden Alpen zu erklären. Die Verschiebungsdistanz, also die Verkürzung durch die Faltung beträgt etwa 25 Km. Der Boden von Magglingen lag vor Beginn der Verschiebung – flach - etwa dort wo heute die Stadt Bern liegt.

Dies geschah «erst» vor etwa 10 bis 2 Millionen Jahren. Die Geologen können das beweisen mit dem Alpenschutt (Molasse), der mitverfaltet wurde und im Jura an einigen Stellen vorkommt.



Findlinge – Zeugen der Eiszeiten

Lange rätselten die Leute über die Herkunft der Blöcke aus kristallinem Gestein, welche nicht zum Kalkfelsen des Untergrunds im Juragebirge passten. Man suchte mythologische Erklärungen, wie der Name „Teufelsstein“ bezeugt.



Die Wissenschaftler konnten erst im 19. Jahrhundert erklären wie diese kristallinen Blöcke ihren Weg in das Mittelland fanden. Es zeigte sich, dass in der Quartär-Periode das Klima ausgeprägte Temperaturschwankungen aufwies. In mehreren Kaltphasen war das heutige Mittelland von gewaltigen Eismassen bedeckt, die von den Alpen herunterflossen.

Der Rhone-**Gletscher** hobelte tiefe Rinnen aus, in denen sich später das Wasser des Bieler- und des Neuenburger-Sees sammelte. Auf seinem Rücken reiste alpines Material ins Mittelland und bis auf die ersten Jurazüge. Im Eis eingeschlossen wurde auch Schotter verfrachtet. Nach dem Abschmelzen des Eises blieb das Material liegen. Die letzte Eiszeit endete vor 10'000 – 12'000 Jahren.

Kies ist heute ein wichtiger Rohstoff für die Beton-Herstellung. Kiesvorkommen sind auch ein wichtiger Grundwasserspeicher und sollten deshalb nicht beliebig abgebaut werden. Auch Magglingen wurde vom Rhonegletscher überfahren. Man sieht auf den Äckern oder im Waldboden oft gerundete Steine, also Flussgeröll.

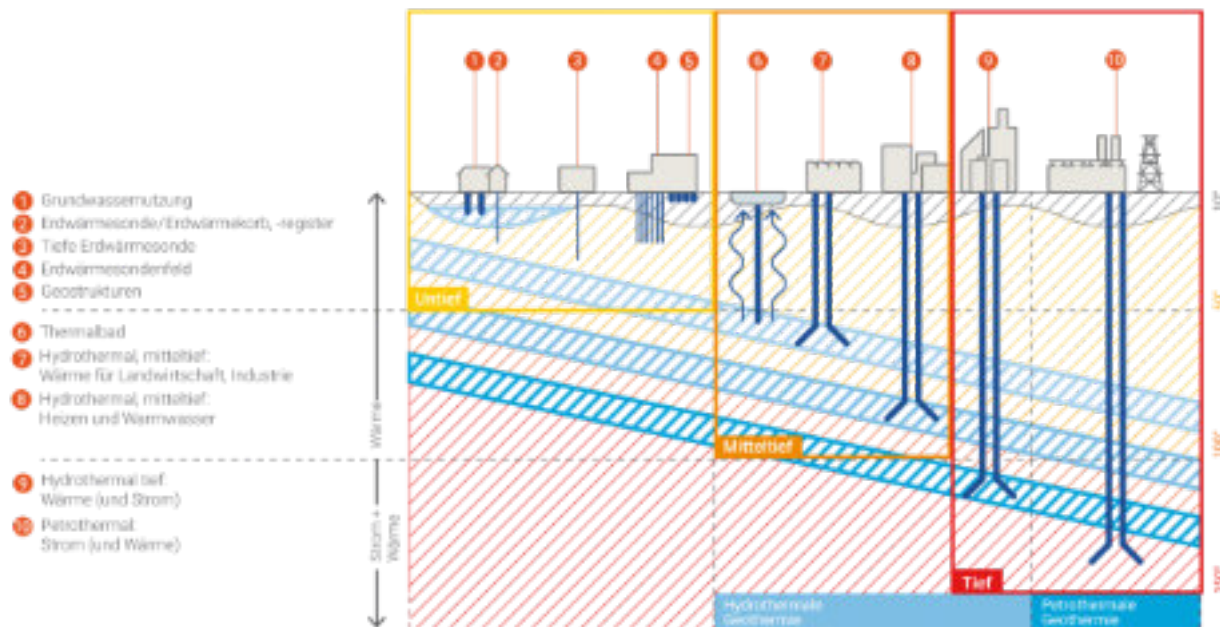
Geothermie

Die Erde ist ein heisser Planet. Die abgekühlte feste Kruste ist zwar im Schnitt etwa 50 km dick, doch im Verhältnis zur Erdkugel mit ihrem 12'600 km \emptyset ist das bloss eine dünne Haut, vergleichbar mit der Kartoffelschale!

Durch diese Haut dringt die Hitze des Innern der Erde (Kerntemperatur ca. 4'500 °C) nach aussen. Je tiefer man bohrt, umso wärmer wird es. Pro 100 m Tiefe steigt die Temperatur im Mittel um 3 °C.

Erdwärme ist CO₂-frei, da kein organisches Material (Holz, Kohle, Erdöl, Erdgas) verbrannt wird. Das Potential ist quasi unerschöpflich.

Die Nutzungsmöglichkeiten der Geothermie



Der Mensch erscheint

Erst im letzten Abschnitt des Quartärs – im **Holozän** - entwickelt sich aus den aufrecht gehenden Hominiden eine neue Gattung: Der Homo sapiens (der wissende Mensch). Dank ihrem grösseren Gehirn entwickelten diese Wesen erweiterte Fähigkeiten. Die Entwicklung zeigt grosse Schübe, die in immer kürzeren Abständen folgen.

Vor ca. 70'000 J. Die **kognitive Revolution**: Sie erkennen Zusammenhänge, nutzten das Feuer, stellen Kleidung, Behausung, Waffen und Werkzeuge aus Holz, Stein oder Knochen her. Sie entwickeln Sprache, um ihre Tätigkeiten zu koordinieren. Diese Jäger- und Sammlergesellschaft setzte sich an die Spitze der Nahrungskette und breitete sich auf alle Kontinente aus.

Vor ca. 12'000 J. Die **landwirtschaftliche Revolution**: Planerische Fähigkeiten. Homo sapiens treibt Ackerbau und Viehzucht, er wird sesshaft. Die Überschüsse werden verwaltet, es bilden sich Städte und Hierarchien.

Vor ca. 2'000 J. **Religiöse Revolution**: Judentum, Christentum, Islam lösen Animismus und polytheistische Religionen ab.

Vor ca. 500 J. Die **wissenschaftliche Revolution**. Die Methoden der exakten Wissenschaften erweisen sich als nützlich und fördern den technischen Aufschwung. Heliozentrisches Weltbild, Hochseeschifffahrt und Kolonialismus bringen eine erste Globalisierungswelle.

Vor gut 200 J. Die **gesellschaftliche Revolution**: Gleichheit, Freiheit, Brüderlichkeit; Aufhebung der Sklaverei, Demokratie statt Monarchien.

Vor 150 Jahren **Die industrielle Revolution**: Dampftechnologie mit Kohle als Energiequelle, Eisenbahnen überziehen die Kontinente, und verbinden diese mit der Dampfschifffahrt zu einem weltweiten Handelsnetz.

Im 20. Jahrhundert steigert die breite Anwendung der Elektrizität die technischen Möglichkeiten erneut. Mechanisierung, elektronische Massenmedien, Erdölförderung führt zur breiten Motorisierung, Flugverkehr, Massentourismus.

Vor 30 Jahren **Digitale Revolution:** Computertechnologie und Internet beschleunigen Produktion, Konsum und die Mobilität zu Land, Wasser und Luft abermals. Alles wird angetrieben durch renditesuchende Finanzmärkte und allgemeines Streben nach finanziellem Gewinn.

Fazit Der Mensch dominiert den Planeten Erde ganz offensichtlich. Die Menschheit ist so zahlreich wie nie zuvor. Der Energie- und Ressourcenverbrauch erreicht eine noch nie dagewesene Höhe. Das Gleiche gilt aber auch für die Umweltbelastung mit Schadstoffen. Wo der Mensch sich breit macht, hat die Natur das Nachsehen. Die Biodiversität nimmt ab, die Umweltbelastung nimmt zu. In der Atmosphäre haben sich viele Abgase angesammelt, sodass sich das Klima zu ändern beginnt. Eine neue Epoche hat eingesetzt, das **Anthropozän**. Ist der Homo sapiens weise genug, um die weitere Entwicklung vernünftig zu gestalten?

Was sich ändern muss, wenn wir bleiben wollen: **Die kulturelle Revolution**

Eine Neuorientierung zeichnet sich jetzt ab. Denkende Menschen in aller Welt erkennen, dass die bisherigen Trends nicht nachhaltig sind, dass wir die Grenzen des Wachstums nicht überschreiten dürfen. Sie suchen nach einer Balance zwischen Mensch und Natur. Sie verlangen eine international koordinierte Energiepolitik, welche auf erneuerbare Quellen setzt. Sie streben weniger nach materiellen Gütern und suchen ein Wohlbefinden durch gelingende Beziehungen. Ein wacher Teil der Jugend durchschaut die hohle Konsumwelt und entdeckt zunehmend die immateriellen Werte als Quelle des Glücks. Sie sind **bereit, sich für diese kulturelle Revolution einzusetzen.**

Stichworte (im Text **fett** geschrieben)

| | Seite | | |
|----------------|--------|------------------|----------|
| Akkretion | 4 | Gletscher | 25 |
| Anthropozän | 28 | Gravitation | 4 |
| Atmosphäre | 5 | Holozän | 27 |
| Bohnerz | 22 | Jurafaltung | 24 |
| Eiszeiten | 23, 25 | Karst | 12, 22 |
| Erdrotation | 4 | Kontinentaldrift | 8 |
| Erdwärme | 4, 26 | Kontinente | 5, 8 |
| Erosion | 11 | Kreidezeit | 17 - 19 |
| Findlinge | 25 | Malm | 12, 21 |
| Fossilien | 16, 20 | Plattentektonik | 8, 9, 12 |
| Gebirgsbildung | 11 | Revolutionen | 27, 28 |
| Geothermie | 26 | Vulkane | 9 |

Verwendete Literatur, Quellen

| | |
|---|--|
| Harari Yuval | Eine kurze Geschichte der Menschheit; München 2013 |
| Heitzmann Peter | Gesteine bestimmen und verstehen; Basel 1989 |
| Labhard Toni | Geologie der Schweiz, Thun 1992 |
| Margulis Lynn / Sagan Dorion | Leben - vom Ursprung zur Vielfalt; Berlin 1995 |
| Paturi Felix | Die Chronik der Erde; Augsburg 1996 |
| Pfiffner / Engi / Schlunegger / Metzger / Diamond | Erdwissenschaften, 2. Auflage, 2016, ISBN: 978-3-8252-4381-4, mit Empfehlung von Prof. Karl Ramseyer |
| Rickenbacher Hans | Die Eisenmacher vom Bieler Jura, 2014 |
| Weissert Helmut | Der Ozean im Gebirge; Zürich 2010 |
| Wikipedia | Portal Geowissenschaften |
| Nomenklatur | Es wird die Tabelle der Internationalen Stratigraphischen Kommission verwendet, Stand 2018 |
| Bildnachweis | Seite 4 9, 11, 27: wikipedia commons Seite 8, 14 16, 18, 20: Chronik der Erde Seiten 5 und 6: Margulis; Leben Seiten 1, 2, 12, 22, 25: Rickenbacher Seite 26: Geothermie Schweiz |