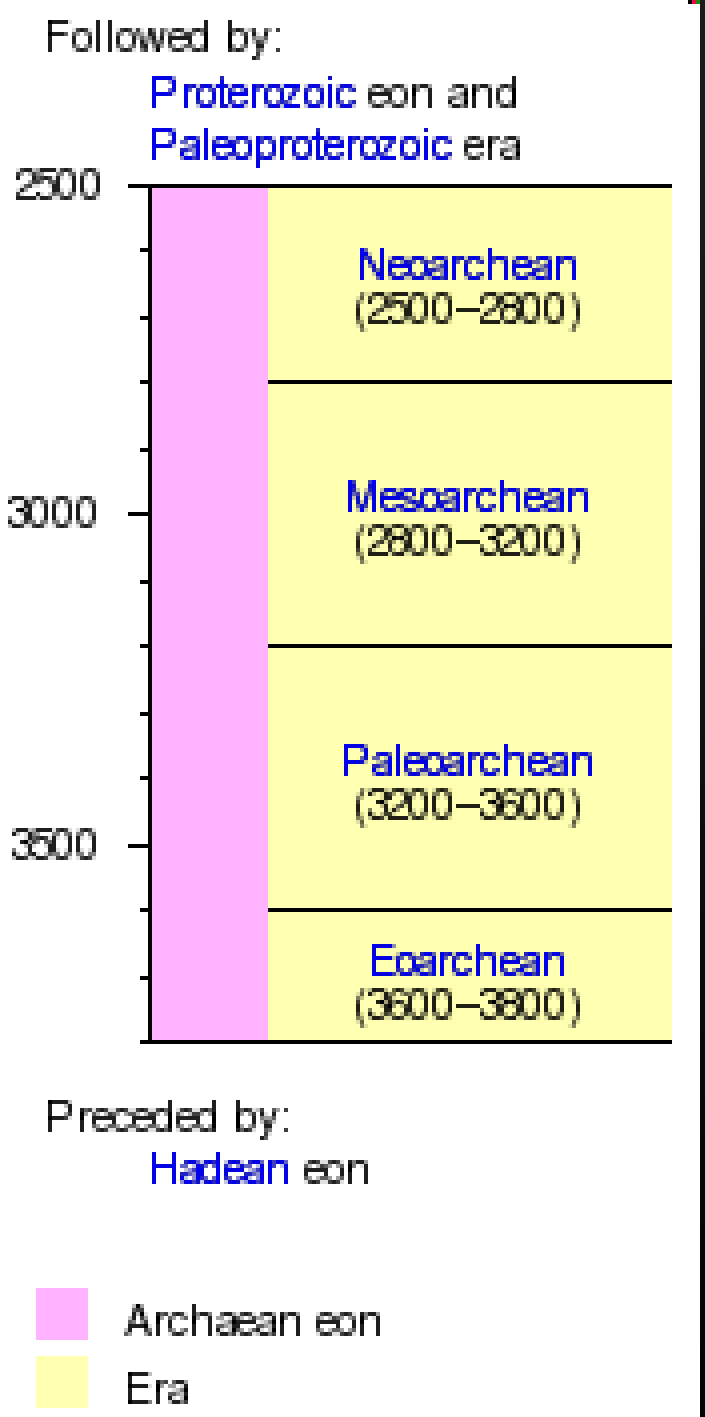
Das Archaikum – Entstehung der Urkontinente und des Lebens



Das Archaikum umfasst den Zeitraum seit der Entstehung einer stabilen Hydrosphäre vor ca. 4 Milliarden Jahre bis vor 2.5 Milliarden Jahre, wo die Entstehung der ersten Urkontinente abgeschlossen war

Einteilung in vier Ären

Das Archaikum ist geologisch nur schwer zu beschreiben, da nur relativ wenige Gesteins-formationen aus diesem Zeitabschnitt der Erdgeschichte noch vorhanden und aufge-schlossen sind

→ Präkambrischen Schilde

Die Atmosphäre war vollständig ohne Sauerstoff, d. h. rein reduzierend, wobei Kohlendioxid überwogen haben muß (Treibhauseffekt).

Seit dem Paleoarchaikum gibt es fossil erhaltene Lebewesen (Cyanobakterien)

Wie sah die Erde zu Beginn des Archaikums aus?

Aus der glutflüssigen Erde hat sich eine noch relativ dünne, aus mafischen Gesteinen bestehende Kruste gebildet, aus der in Bereichen von „hot spots“ Vulkane aufstiegen. Eine Zerstückelung der Erdkruste in mehr als 100 Mikroplatten ist wahrscheinlich, aber nicht endgültig bewiesen.
Es gab noch keine (felsische) kontinentale Kruste. Impakte, welche diese Kruste durchbrachen, waren relativ häufig.

Die Ur-Erdatmosphäre hat sich ausschließlich durch Entgasung der abkühlenden Erdkruste gebildet (Methan, Ammoniak, Wasserdampf) und entwickelte sich zu einer überwiegend aus Kohlendioxid und Stickstoff bestehenden Gashülle mit einem entsprechend großen Treibhauseffekt → die Sonnenleuchtkraft hatte zu diesem Zeitpunkt eine Strahlungsleistung von ca. 70% - 75% der heutigen Strahlungs-leistung (Paradox der schwachen Sonne).

Die sich am Ende des Hadaikums ausbildende Hydrosphäre (vor ca. 4.2 Milliarden Jahren) speiste sich aus Wasserdampf, welches bei der Entgasung der Erde anfiel und – zum überwiegenden Teil – aus Wassereinträgen durch Kometenkerne, die im Zeitalter des großen Bombardements (bis vor ca. 3.6 Milliarden Jahre) auf der Erde einschlugen.

Die Entstehung der ersten Kontinentalkerne (Kratone) im ersten Viertel des Archaikums

Geologische Hinweise:

Acasta-Region in der Slave-Provinz Nordkanadas (während des Pleistozäns freigekrazt)

Gneise entstehen durch metamorphe Umwandlung von Quarz- und Feldspat-reichen Graniten, d. h. sauren felsischen Gesteinen

Problem: **Wie entstanden die ersten Granite?**

Acasta-Gneise, radiologisches Alter ca. 4.03 Milliarden Jahre

→ älteste zusammenhängende Gesteins-formation der Erde

Ausgangssituation

1. Es gab im Archaikum noch keine Großplattentektonik mit großen Subduktions-bereichen (Plattentektonik im modernen Sinn setzte erst zu Beginn des Proterozoikums vor ca. 2.5 Milliarden Jahren ein)

2. Die Erdkruste bestand ausschließlich aus magnesiumreichen mafischen und ultramafischen (Komatiite) Gesteinen, die auch vulkanisch gefördert wurden

3. Der Wärmefluss aus dem Erdinneren war um den Faktor 2.5 größer als heute

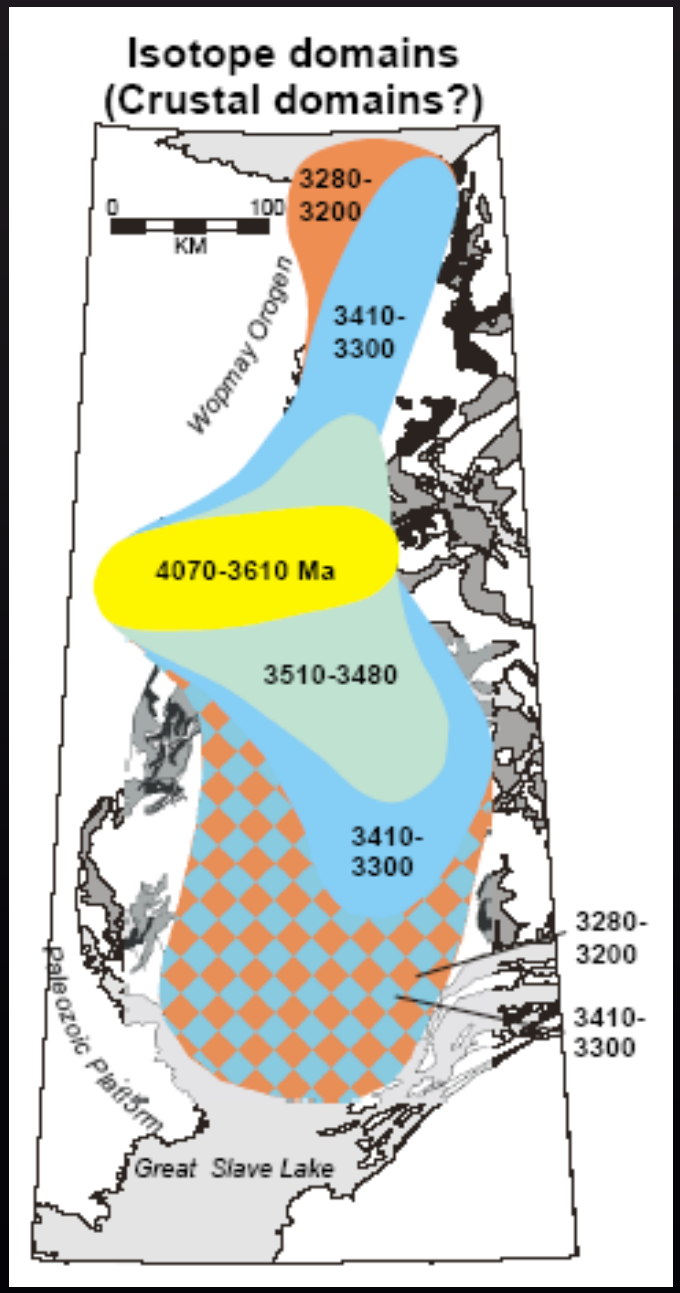
4. Da es noch keine (großräumigen) Subduktionszonen gab, handelte es sich beim Vulkanismus überwiegend um hot spot –Vulkanismus sowie Vulkanismus auf Inselbögen im Bereich der Subduktionszonen der Mikroplatten

5. Wahrscheinlich hat eine „Kleinplattentektonik“ eine größere Rolle gespielt. Die Regenerationsraten des Meeresbodens waren bedeutend größer

Theorie:

Die ersten Kratone („leichte“ Kontinentalkerne) entstanden als Ergebnis eines intensiven hot spot –Vulkanismus wahrscheinlich bereits vor 4.2 Milliarden Jahren (australische Zirkone).

Entstehungsgeschichte der ersten Kratone



Radiologisches Alter der Acasta- Gneise und Gabbros:

→ Kerngebiet
→ angelagerte jeweils jüngere Bereiche

Entstehung (saurer) felsischer Plutone im Bereich von Vulkanbauten

Vor ca. 4 Milliarden Jahren war das interne Konvektionsmuster im Erdmantel völlig anders als heute → Laven waren z. B. heißer (komatiitische Laven)

An einzelnen „hot spots“ bildeten sich riesige, basaltische Vulkanbauten, die sich aufgrund der Isostasie bis in den oberen Erdmantel erstreckten.

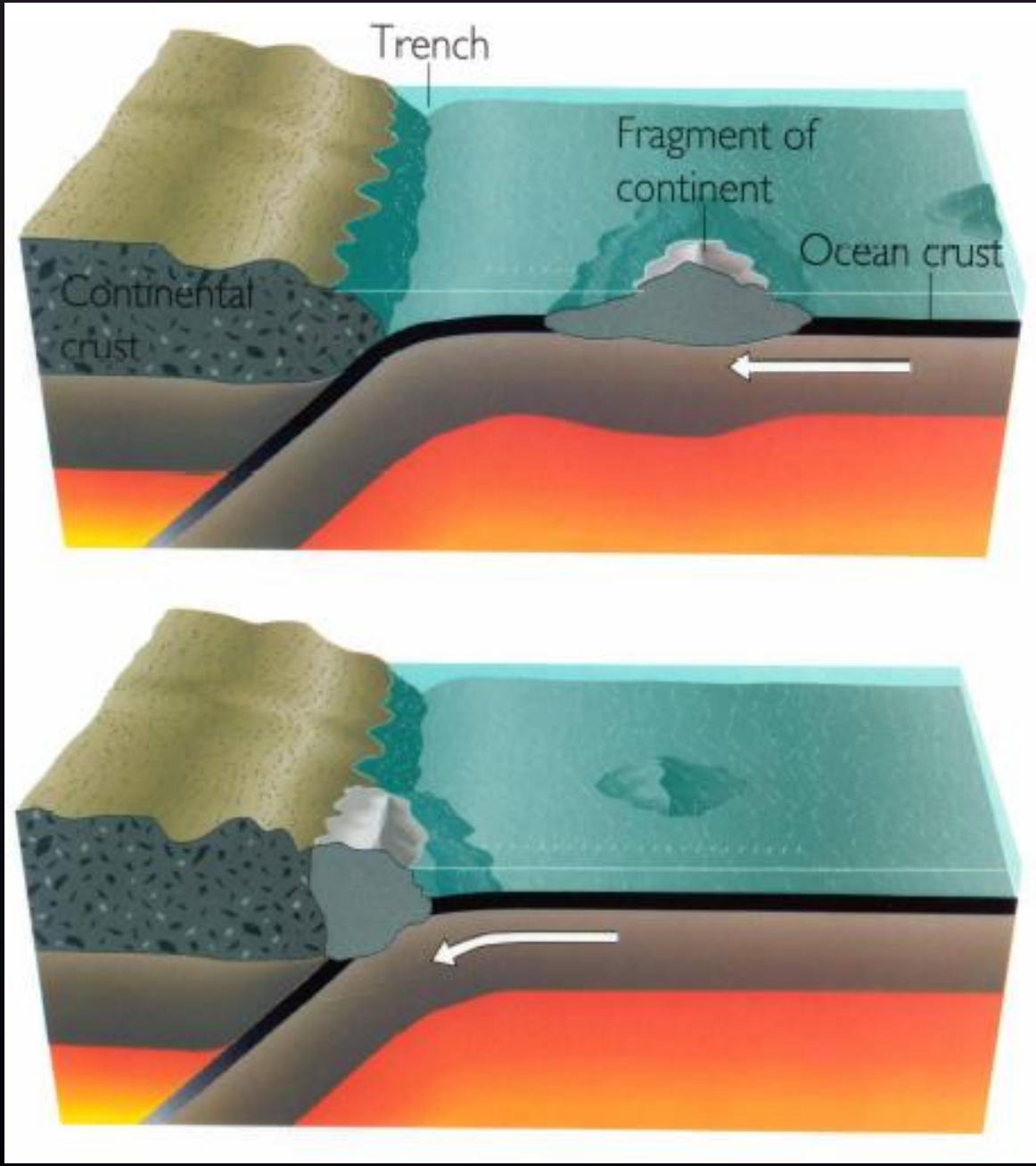
Durch den Aufdruck kam es zu partiellen Aufschmelzungen im Bereich der Vulkanwurzeln unter Bildung leichter granitischer Magmen, die sich zu größeren Plutonen entwickelten

Nach Erlöschen der Vulkane wurden sie in geologisch kurzer Zeit erodiert und die leichteren Plutone stiegen unter metamorpher Umwandlung an die Oberfläche und bildeten einen geologisch mehr oder weniger homogenen Urkraton

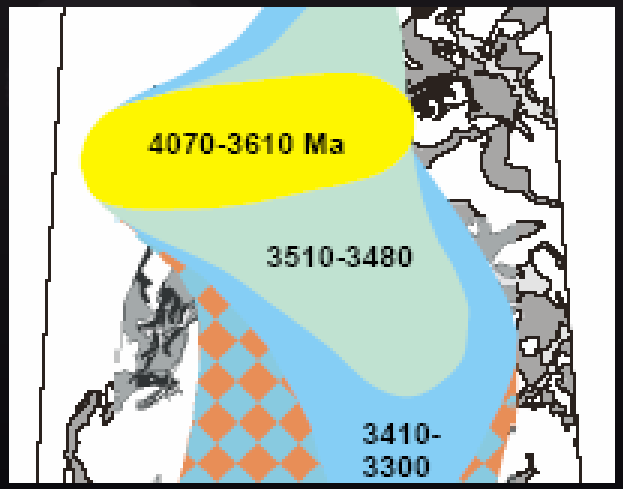
Diese Urkratone konnten an den Mikroplattenrändern nicht mehr subduziert werden. Vielmehr begannen sie durch Anlagerung (Akkretion) von Platten-material zu wachsen, wobei an den Rändern Subduktionsvulkanismus mit Bildung saurer Magmen einsetzte → **Grünsteingürtel.**

Komatiit-Lava mit Spinifex-Textur

viel MgO
wenig SiO_2
wenig K
„ultramafisch“

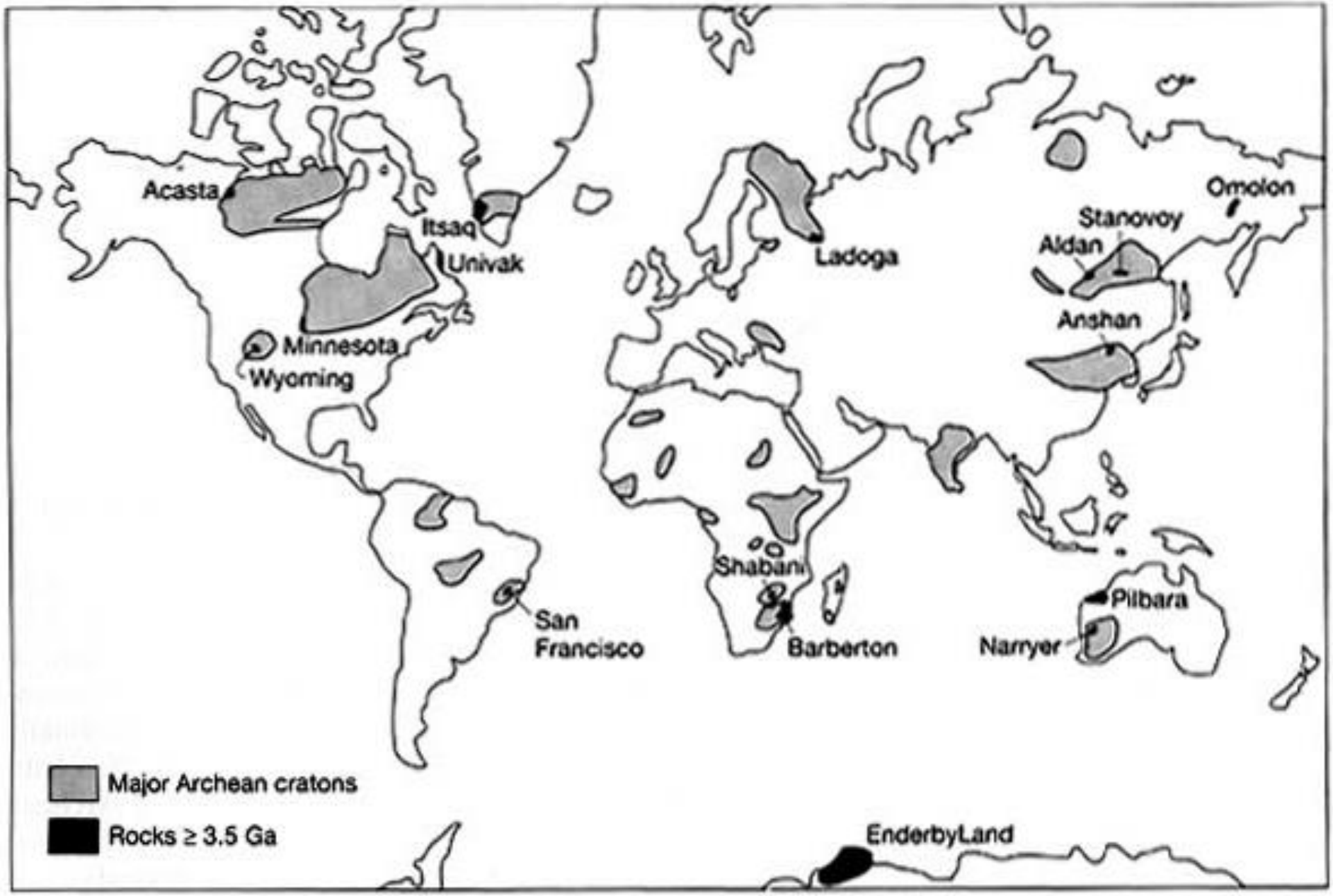


Krustenwachstum durch „Anschweißen“ von Resten von Inselbögen an ein aufgestiegenes Kraton



Entwicklung des Acasta-Kratons durch Akkretion

Noch vorhandene archaische Kratone auf der Erde (älter 2.5 Milliarden Jahre)



Grünsteingürtel Pilbara-Schild

Paläo- und Mesoarchaische Grünsteingürtel

Grünsteingürtel sind Zonen mit variablen metamorphen mafiischen und ultra-mafischen (komatiitischen) Gesteinen, die abwechselnd mit Sedimenten über-deckt sind und die granitische (kristalline) Gesteinskörper umgeben. Ihre grünliche Farbe wird durch Amphibole und Chlorit (ein metamorphes Mineral) hervorgerufen. Ihr Alter wird hauptsächlich auf das und mittlere und Neo-Archaikum (vor ca. 3.6 bis 2.5 Milliarden Jahre) datiert.

→ wichtige Lagerstätten für Gold, Silber, Kupfer und Zink

- Barbertone Greenbelt Südafrika
- Pilbara Greenbelt Westaustralien
- Warrawoona Westaustralien

<u>Schichtartiger Aufbau</u>

→ mafische und ultramafische Vulkanite entstanden aus aufgeschmolzenen Meeresboden

→ bilden typische Abfolgen: liegend – komatiitische Vulkanite (T~1650° C)
– dazitisch-ryolitische Schmelzen
hangend – Sedimente (z.B. Grauwacken)

Aus dem zum größten Teil ungestörten schichtenartigen Aufbau folgt:

a) es wurden zeitlich nacheinander vulkanische Laven unterschiedlicher Ausgangstemperatur abgelagert (ultramafische bis mafische Basalte)

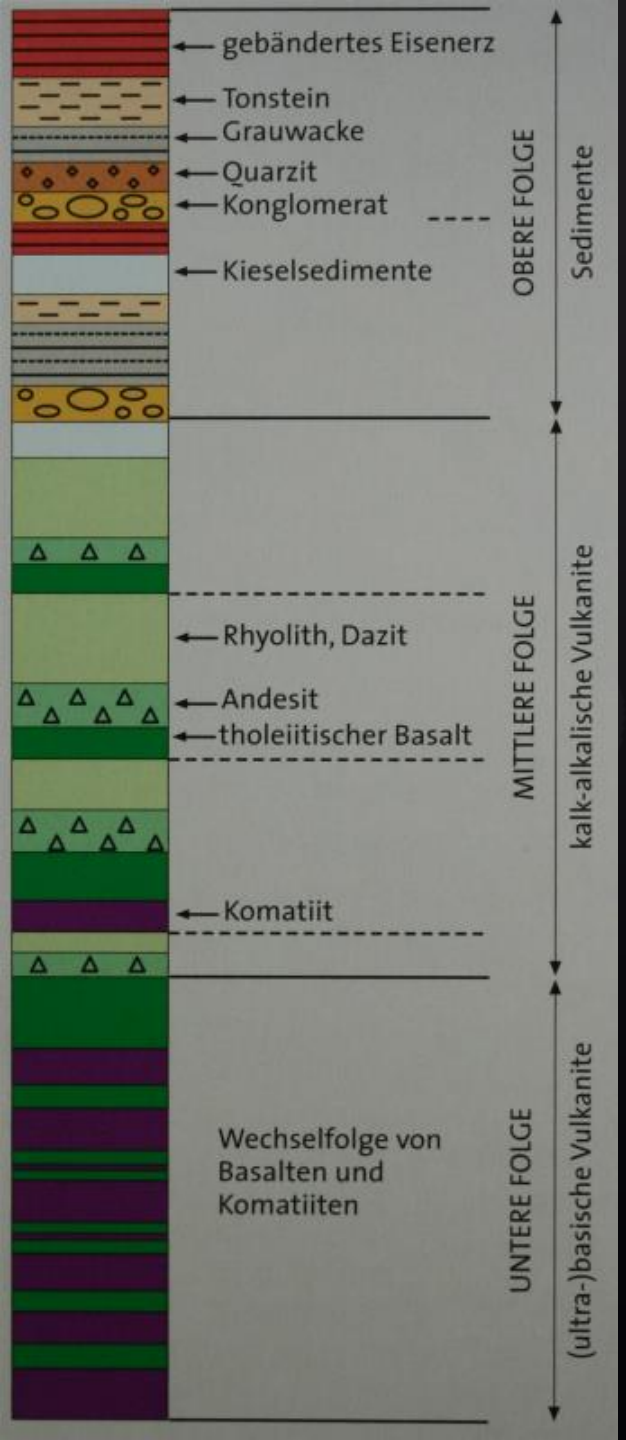
b) in diese sind lückenhaft saure Vulkanite (Gneise) eingelagert

c) die Abdeckung erfolgt durch klastische, insbesonders marine Gesteine (Grauwacken, Turbidite, Tonschiefer, Sandsteine, Bändereisenerze)

Die Grünsteingürtel umgeben kristalline Gesteinskerne (Kratonkerne), d.h. ihre Entstehung muss mit diesen Kratonkernen zusammenhängen.

→ Schlüssel: Lokale Subduktion an den Rändern kleiner Kontinente

Turbidite, Barbertone greenbelt



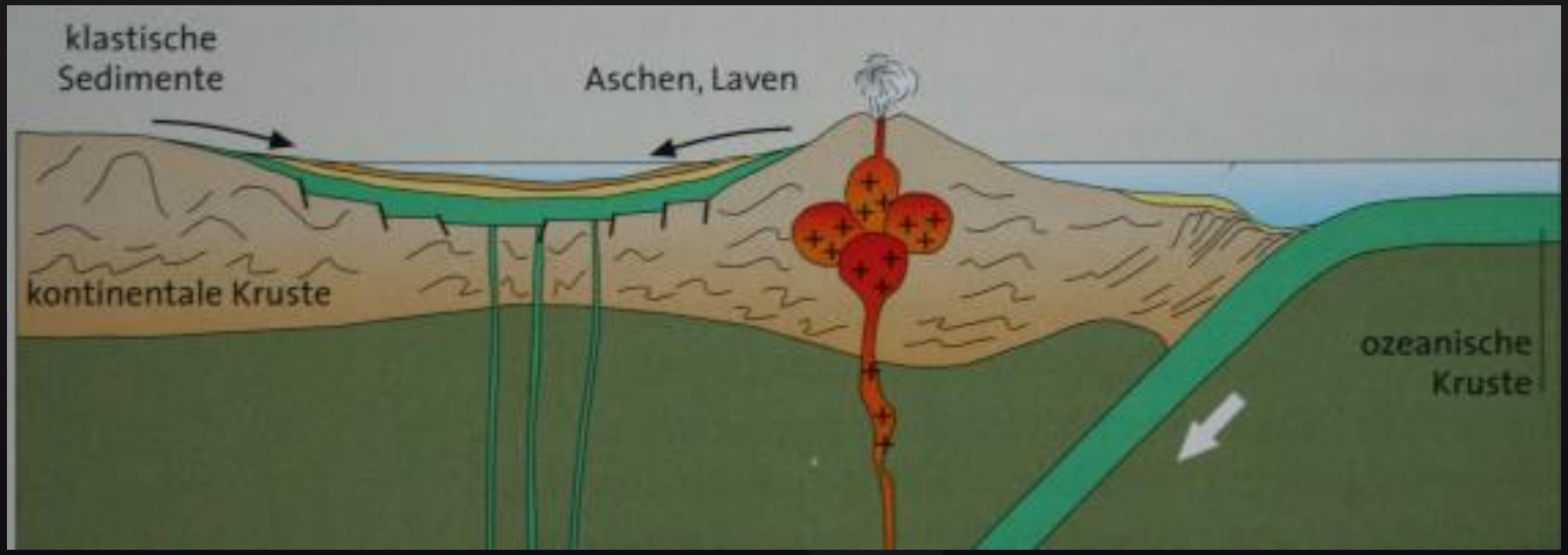
Typische Schichtfolge von Grünsteinsedimenten

ca. 3.1 Milliarden Jahre alt (Sedimente)

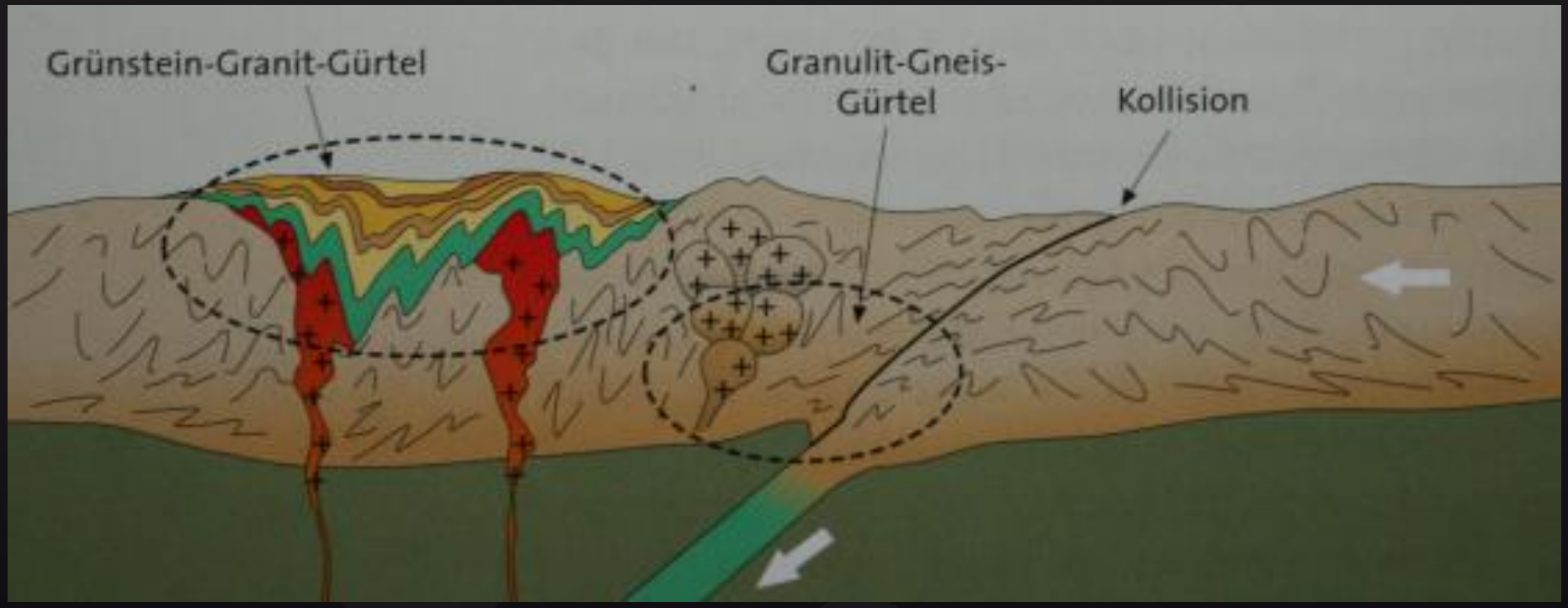
ca. 3.2 Milliarden Jahre alt („intermediare Magmen“)

ca. 3.6 Milliarden Jahre alt („heiße Magmen“)

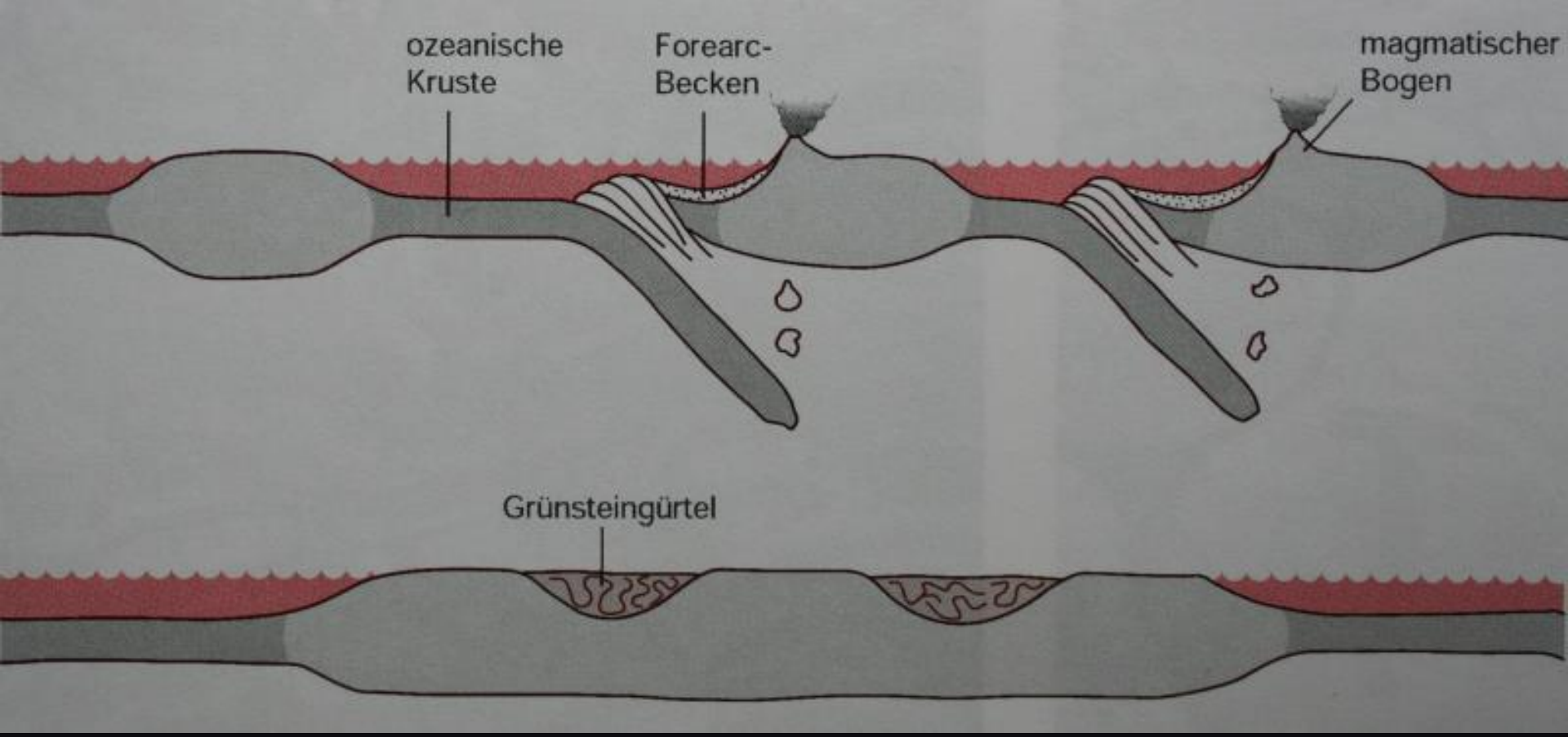
Entstehung der Grünsteingürtel



Ozeanische Kruste wird am Rand eines Kratons subduziert. Im Bereich einer Mikrospreadingzone wird die noch dünne Erdkruste ausgedünnt und bricht in Form eines Grabenbruchs ein. Über die Spalten steigt heißes, komattiitisches Magma auf und bildet Basaltdecken.
Diese Basaltdecken werden später durch aus den Randvulkanen austretendes intermediäres Magma überdeckt (in mehreren Zyklen). Später werden diese Basaltdecken durch Sedimente überdeckt.



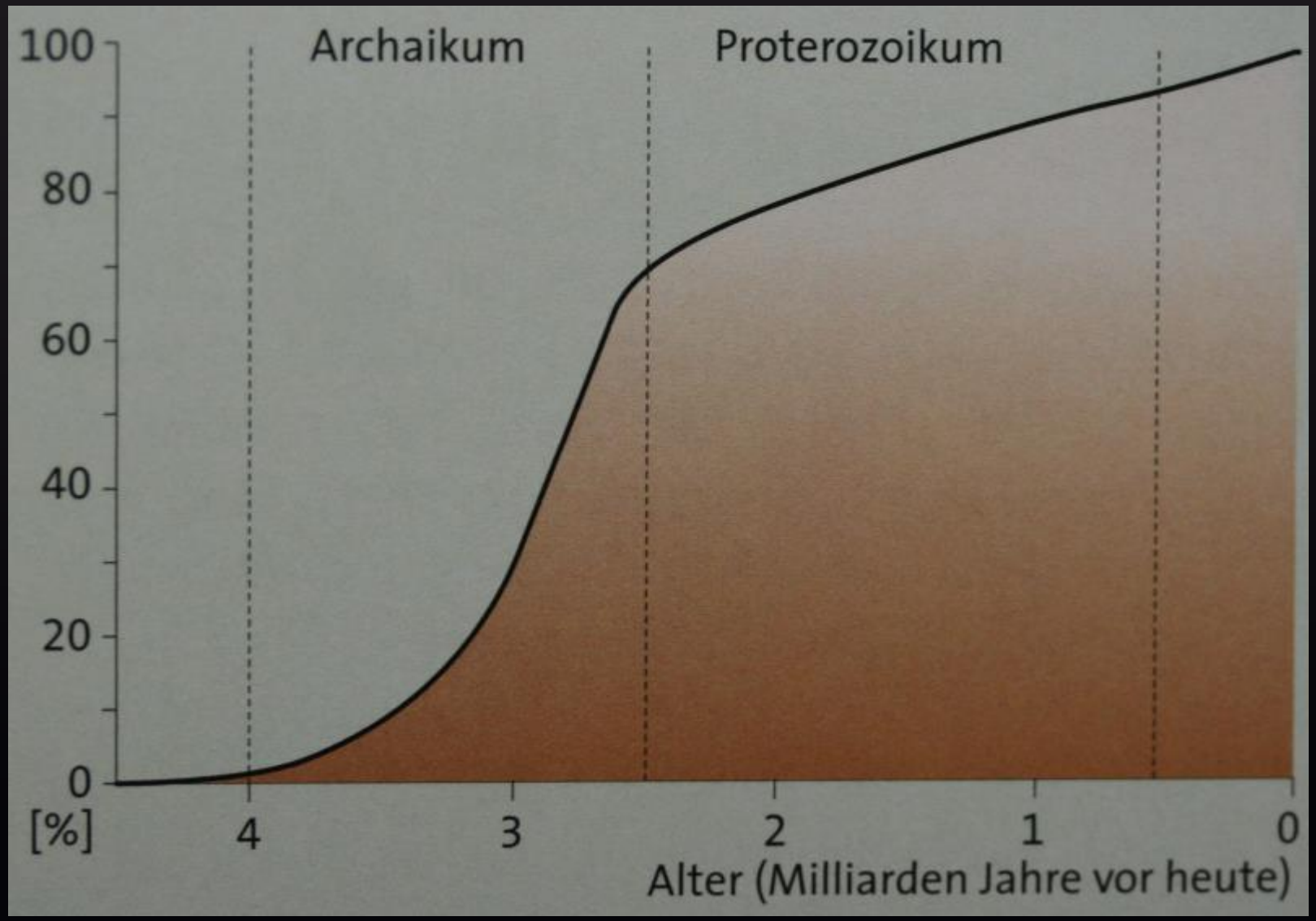
Durch Kollisionen mit Inselterranen, die mit der subduzierenden Mikroplatte mitgeführt wurden, erfolgt weiterer Krustenaufbau und die Gesteine des Grünsteingürtels werden metamorph verändert und gefaltet.



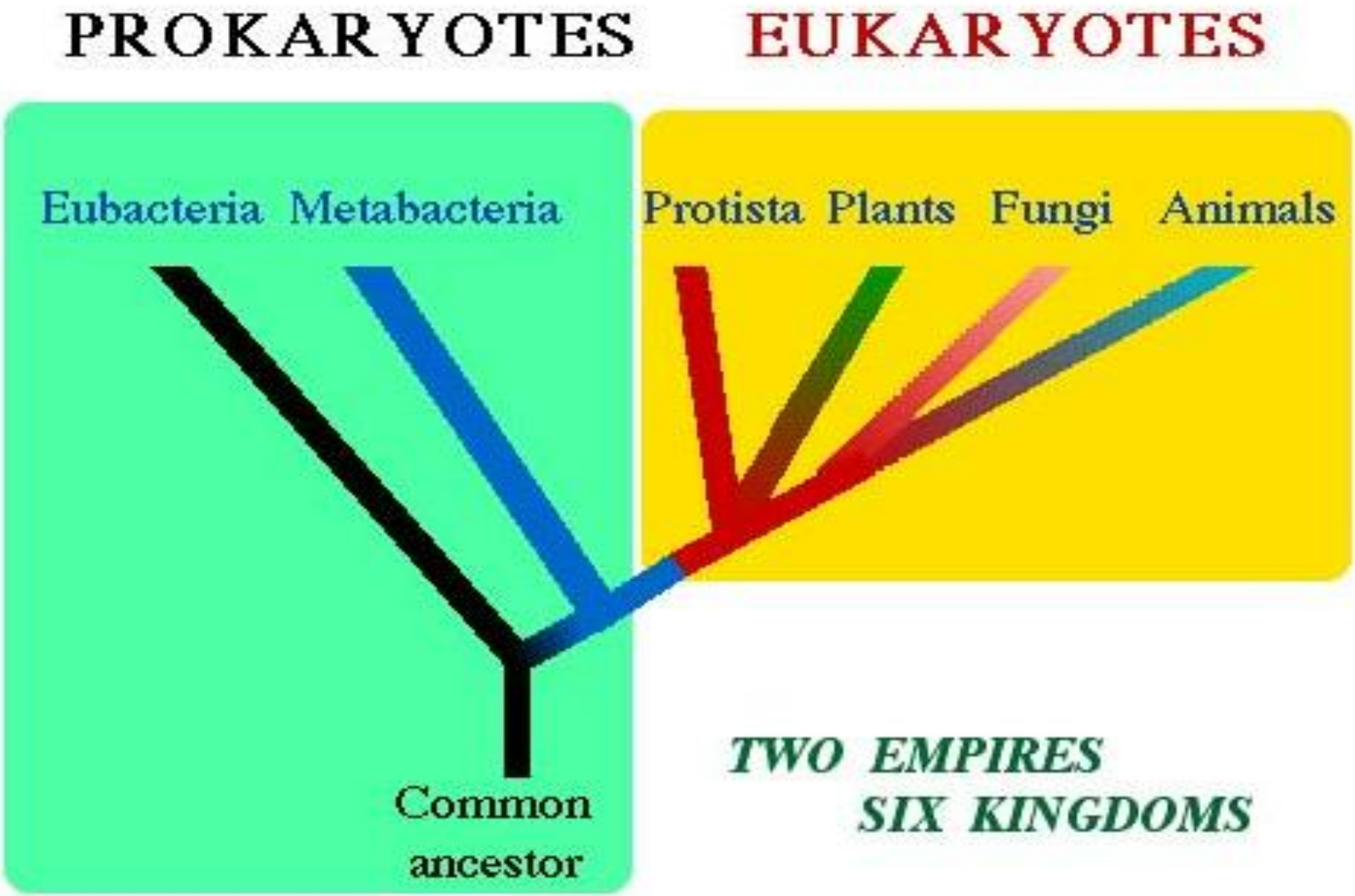
Durch das „Anschweißen“ von Inselterranen und durch Förderung saurer Magmen kommt es zu einem Krustenwachstum am Rand der Kratone, die dadurch ständig wachsen. Zu Beginn des Proterozoikums erreichte die Gesamtgröße der Kontinental-blöcke bereits ungefähr 70% der heutigen Größe. Diese Blöcke lagerten sich zusammen und bildeten den Urkontinent Rodinia.

Grünsteingürtel zeigen die archaischen Kratonkerne an, die heute in die Kontionente eingebaut sind.

Wachstum der kontinentalen Kruste in den letzten 4 Milliarden Jahre



In das Eoarchaikum fällt das einschneidenste Ereignis in der Erdgeschichte

→ **Die Entstehung des Lebens (Biogenese)**

Nächstes Mal: Die Suche nach dem „common ancestor“