19. Die drei Zwischenepochen der Erdgeschichte

Wie die Erde durch Stasis und Neubeginn Lebensformen neu erschafft

(Die epochalen Auflistungen dieses Abschnitts wurden mit KI-Unterstützung von Leo (Qwen) & Copilot recherchiert.)

I. Die erste Zwischenepoche
II. Die zweite Zwischenepoche
III. Die dritte Zwischenepoche

Die Geschichte des Lebens auf der Erde verläuft nicht als gleichmäßige Linie, sondern als Abfolge tiefgreifender Umwälzungen, in denen die Biosphäre immer wieder an den Rand des Zusammenbruchs gerät und sich anschließend neu formt. Zwischen den drei großen Epochen der Erdgeschichte liegen Phasen, in denen die planetaren Bedingungen so extrem werden, dass die Biosphäre zum Stillstand kommt, während die inneren, geschützten Räume der Erde die Grundlagen der kommenden Epoche bewahren. Diese Zwischenepochen sind keine bloßen Übergänge, sondern eigenständige, prägende Abschnitte, in denen die Erde selbst zum Bewahrer von Leben wird.

Jede Zwischenepoche beginnt mit einer gewaltigen Umwälzung unterschiedlicher Ausmaße: vulkanische Hyperaktivität, tektonische Umbrüche, atmosphärische Verdunkelung und abrupte Temperaturstürze (globale Vereisung). Diese Ereignisse zerstören das bestehende Ökosystem und reduzieren die Vielfalt der Lebensformen auf wenige, widerstandsfähige Tierarten. In den geschützten Refugien der Erde – in Tiefseezonen, geothermischen Spalten, unterirdischen Habitaten oder dichten Vegetationsresten – überdauern jene Organismen, deren biologische Eigenschaften sie befähigen, die jeweiligen extremen Bedingungen zu überstehen. Die Stasis am Ende einer Zwischenepoche ist dabei kein Zustand des Todes, sondern ein Zustand der Konservierung, in dem die genetischen Grundlagen für die nächste Epoche erhalten bleiben.

Mit dem Ende der Stasis kehren Licht, Wärme und Energie der Sonne zurück. Die zuvor konservierten Tierarten treten aus ihren Refugien hervor und besiedeln eine entleerte Welt, in der die Konkurrenz der vorherigen Epoche verschwunden ist. Die Evolution beschleunigt sich, neue Formen entstehen, und die Erde tritt in eine Phase rapider Erneuerung ein. So entstehen die großen Epochen der Erdgeschichte: das Erdaltertum mit seinen ersten Pflanzen und Wirbeltieren, das Erdmittelalter mit den Blütenpflanzen, Säugetieren sowie Dinosauriern und schließlich die Erdneuzeit, in der die Menschen leider die Biosphäre sukzessive zerstören.

Die drei Zwischenepochen bilden das verborgene Gerüst dieser Entwicklung. Sie zeigen, dass das Leben nicht nur durch kontinuierliche Evolution entsteht, sondern durch Phasen des Innehaltens, in denen die Erde selbst die biologische Zukunft bewahrt und biosphärisch dafür vorbereitet. Die Dynamik hinter den Zwischenepochen kann grob wie folgt zusammengefasst werden:

I. Zwischenepoche: Präkambrium → Erdaltertum (Kambrium)

Vorbereitung für den Beginn der Vegetation, Tetrapoden, Amphibien und Reptilien.

II. Zwischenepoche: Erdaltertum → Erdmittelalter (Perm-Trias)

Umstellung auf die Vegetationsansprüche der zu entstehenden Dinosaurier und kleinen Säugetieren.
III. Zwischenepoche: Erdmittelalter → Erdneuzeit (Kreide-Paläogen)

Umstellung der Vegetation und der Tierwelt auf den kommenden Menschen.

Vorbereitung und Umstellung bedeuten hier, dass alle stellaren und planetarischen Voraussetzungen für das Erreichen des Endziels der nächsten Epoche geschaffen wurden. Selbstverständlich fanden weitere kleinere relevante Korrekturen während der einzelnen Epochen laufend statt.

I. Die erste Zwischenepoche

Jede Zwischenepoche fing mit einer massiven Umwälzung durch Vulkaneruptionen und teilweise Einschlägen innerhalb der Biosphäre an, wonach sie mit einer anschließenden spezifischen längeren Kälte- bzw. Eisphase endete. Das Auftauen innerhalb der Biosphäre durch die Sonne zeichnet jeweils den Beginn der neuen Epoche.

Hier ist eine Übersicht der wichtigsten Lebensformen, die vor der ersten Zwischenepoche auf der Erde vorhanden waren, unterteilt nach den beiden großen Phasen dieses Präkambriums:

1. Archaikum (vor 4,0–2,5 Mrd. Jahren) – Das Zeitalter der Bakterien
In dieser Zeit gab es keine komplexen Pflanzen oder Tiere im heutigen Sinne. Das Leben bestand fast ausschließlich aus Prokaryoten (einfache Zellen ohne Zellkern).

- Bakterien & Archaeen:
    - Die ersten Lebewesen waren extremophile Bakterien, die in extrem heißen Quellen oder unter Wasser lebten.
    - Sie ernährten sich chemisch (Chemosynthese) an Hydrothermalquellen oder nutzten das Licht (Photosynthese).
- Cyanobakterien (Blaualgen):
    - Dies ist die wichtigste „Pflanze" des frühen Präkambriums. Sie sind keine echten Pflanzen, sondern Bakterien.
    - Erfindung: Sie entwickelten die Photosynthese und produzierten den ersten Sauerstoff als Abfallprodukt.
    - Fossile Spur: Sie bildeten riesige Strukturen namens Stromatolithen (geschichtete Gesteinsformen), die bis heute an manchen Küsten existieren. Sie waren die einzigen „Pflanzen", die die Atmosphäre veränderten.
- Eozaryoten (Urzellen):
    - Gegen Ende des Archaikums entwickelten sich erste Eukaryoten (Zellen mit Zellkern), die Vorläufer aller späteren komplexen Leben. Sie waren jedoch mikroskopisch klein und hatten keine festen Körperformen.

2. Proterozoikum (vor 2,5–0,541 Mrd. Jahren) – Der langsame Aufstieg

Hier begann sich das Leben langsam zu komplexer zu entwickeln. Es gab immer noch keine Tiere im klassischen Sinne, aber erste größere Organismen.

- Pflanzen (bzw. pflanzliche Lebensformen):
    - Cyanobakterien dominierten weiterhin die Ozeane.
    - Algen: Im Neoproterozoikum (dem letzten Abschnitt des Proterozoikums) entwickelten sich die ersten einzelligen Algen und später einfache mehrzellige Algen (Grünalgen).
    - Landpflanzen: Es gab keine Landpflanzen (keine Moose, keine Farnpflanzen). Das Land war öde und lebensfeindlich.
- Tiere (bzw. tierähnliche Lebensformen):
    - Einzellige Protozoen: Einfache Einzeller wie Amöben und Flagellaten waren die „Tiere" dieser Zeit.
    - Ediacara-Fauna (ca. 635–541 Mio. Jahre vor heute):
        - Kurz vor dem Ende des Präkambriums (im Ediacarium) tauchten plötzlich die ersten großen, komplexen, vielzelligen Lebewesen auf.
        - Sie sahen völlig anders aus als heutige Tiere und sind oft rätselhaft.
        - Beispiele:
            - *Dickinsonia*: Ein flaches, ovalförmiges Tier mit Rippung, das am Meeresboden „lag" und Nährstoffe filterte. Man weiß nicht genau, ob es ein Tier, ein Pilz oder ein Pilz-ähnliches Wesen war.
            - *Charnia*: Eine pflanzenähnliche, farnartige Struktur, die am Meeresboden wuchs.
            - *Spriggina*: Ein wurmartiges Tier mit segmentiertem Körper, das vielleicht das erste Tier mit einer „Kopfform" war.
            - *Ernietta*: Eine trichterförmige Struktur.
        - Wichtig: Diese Tiere hatten keine Schalen, keine Knochen, keine Augen, keine Beine und wahrscheinlich keinen Mund oder Darm. Sie lebten am Meeresgrund.

Zusammenfassung der Pflanzen und Tierchen des Präkambrium:

Gruppe	Beispiele	Beschreibung
Mikroben (Prokaryoten)	Cyanobakterien, Archaeen	Die einzigen „Pflanzen" (Bakterien) für den Großteil der Zeit.
Einzeller (Protozoen)	Amöben, Flagellaten	Die ersten „Tiere" (einzellige Tiere).
Einfache Algen	Grünalgen (z. B. *Bangiomorpha*)	Die ersten echten Eukaryoten, die Photosynthese betreiben konnten.
Ediacara-Fauna	*Dickinsonia*, *Charnia*, *Spriggina*	Die ersten großen, vielzelligen Wesen (Weichkörper-Tiere) kurz vor dem Kambrium.

Das Präkambrium war das Zeitalter der Mikroben und Algen. Die einzigen „Pflanzen" waren Bakterien (Cyanobakterien) und später einfache Algen. Die ersten Tierchen waren einzellige

Protozoen, gefolgt von den rätselhaften, weichen Ediacara-Tieren am Ende der Epoche. Es gab keine Landpflanzen und keine Tiere mit festen Körperteilen.

Um Missverständnisse zu vermeiden. Im Präkambrium gab es:

- **Keine echten Pflanzen:** Keine Moose, Farne, Bäume oder Blumen.
- **Keine Tiere:** Keine Insekten, keine Fische, keine Amphibien, keine Dinosaurier.
- **Keine Schalen:** Die Ediacara-Tiere waren weich und versteinerten nur unter ganz besonderen Bedingungen.
- **Kaum Sauerstoff:** Die Atmosphäre war sauerstoffarm.

► Die erste Zwischenepoche – die Stasis der mikrobiellen Welt

Die erste Zwischenepoche beginnt in einer Zeit, in der die Erde noch von einfachen Lebensformen beherrscht wird. Die Atmosphäre ist sauerstoffarm, die Kontinente sind karg, und die Ozeane werden von Mikroben (Mikroorganismen) dominiert. Cyanobakterien, Archaeen und frühe Eukaryoten bilden die Grundlage der Biosphäre. Der Satz „Die Ozeane verlieren ihre freie Wasseroberfläche und werden von einer geschlossenen Eisdecke überzogen“ beschreibt den Beginn dieser Zwischenepoche präzise: Die Erde tritt in den Zustand der globalen Vereisung ein, der als Schneeball-Erde bekannt ist und die physikalische Grundlage der ersten Stasis bildet. Wer die geologischen Hintergründe vertiefen möchte, findet sie im Konzept der Snowball Earth Mechanismen.

Die Vereisung entsteht nicht abrupt, sondern als Folge von Vulkaneruptionen begleitet von tektonischen Umbrüchen, die zu einem atmosphärischen Wandel führen. Der planetare CO_2 Gehalt sinkt durch Verwitterung und biologische Aktivität. Die Abkühlung verstärkt sich selbst, bis die Eisbildung die gesamte Oberfläche der Erde erfasst. Die Ozeane frieren jedoch nicht vollständig durch. Wasser besitzt seine höchste Dichte bei vier Grad Celsius, sodass die kältesten Schichten an der Oberfläche verbleiben und gefrieren, während die tieferen Bereiche flüssig bleiben. Unter der geschlossenen Eisdecke entsteht ein abgeschlossener, lichtloser und thermisch stabiler Lebensraum, der die Stasis trägt.

In dieser lichtlosen Welt kommt die Photosynthese zum Erliegen. Die Cyanobakterien, die zuvor die Atmosphäre verändert hatten, verlieren ihre Energiequelle. Die mikrobiellen Gemeinschaften treten in einen Zustand minimaler Aktivität ein. Stoffwechselprozesse verlangsamen sich bis an die Grenze des biologisch Möglichen. Die Stasis ist kein Stillstand im Sinne eines Absterbens, sondern ein konservierender Zustand, in dem die fittesten Lebensformen der Erde unverändert erhalten bleiben. Die Tiefsee bildet den biologischen Kernspeicher dieser Zwischenepoche. Hydrothermale Quellen liefern weiterhin Energie, und die dort lebenden Mikroorganismen überdauern ohne strukturelle Veränderungen. Die Grundlagen dieser Stabilität lassen sich im Konzept der hydrothermalen Systeme nachvollziehen.

Die Stasis der ersten Zwischenepoche ist eine Stasis der mikrobiellen Welt. Die frühen Eukaryoten, die im späten Proterozoikum entstanden waren, überdauern die Vereisung in diesen stabilen Tiefenzonen. Ihre geringe Größe, ihre einfache Struktur und ihre Fähigkeit, Stoffwechselprozesse

drastisch zu reduzieren, machen sie widerstandsfähig gegenüber den extremen Bedingungen. Die Stasis bewahrt die genetischen Grundlagen der späteren komplexen Organismen, ohne dass aktive Evolution stattfindet. Die Welt außerhalb der Refugien ist eingefroren, doch die inneren Räume der Erde bleiben lebendig.

Als die vulkanische Aktivität erneut zunimmt, beginnt die Eisdecke zu schmelzen. Das Licht kehrt in die Ozeane zurück, die Photosynthese setzt erneut ein, und die zuvor konservierten Lebensformen nehmen ihre Aktivität wieder auf. Die freigesetzten Nährstoffe aus dem Schmelzwasser und der erneute Sauerstoffanstieg schaffen die Voraussetzungen für eine Phase rapider biologischer Erneuerung. Die kambrische Explosion ist nicht das plötzliche Erscheinen komplexer Organismen, sondern die unmittelbare Folge einer langen, konservierenden Ruhephase. Die Dynamik dieser Erneuerung lässt sich im Konzept der kambrischen Diversifikation nachvollziehen.

Die erste Zwischenepoche ist damit die grundlegende Stasis der Erdgeschichte. Sie bewahrt die mikrobiellen und frühen eukaryotischen Strukturen über extreme klimatische Bedingungen hinweg und schafft die Voraussetzungen für die Epoche des Erdaltertums. Mit dem Ende der Stasis steigen die Sauerstoffwerte, die Temperaturen stabilisieren sich, und die zuvor konservierten Tierchen beginnen sich rasch zu diversifizieren. Die ersten komplexen Tiere entstehen, die ersten Pflanzen bereiten die Besiedlung des Landes vor, und die genetischen Grundlagen der späteren Landwirbeltiere werden gelegt.

Die erste Zwischenepoche ist der Prototyp aller späteren Stasen: eine Phase, in der die Biosphäre durch Eruptionen und tektonische Umbrüche, gefolgt von Vereisung, nicht zerstört, sondern bewahrt und in der die biologische Zukunft der nächsten Epoche vorbereitet wird.

Folgende Auflistung gibt den momentanen Stand der Erkenntnisse zu den sechs Perioden des Erdaltertums wieder:

1. Kambrium (vor 541–485 Mio. Jahre)

- Meeresleben: Der „kambrische Explosion" genannten Phase folgte eine rasche Entwicklung komplexer Tiere.
- Charakteristische Wesen:
    - Trilobiten: Die häufigsten und vielfältigsten Gliederfüßer des Erdaltertums.
    - Anomalocaris: Ein riesiger Raubtier der Meere.
    - Frühe Weichtiere: Vorfahren von Schnecken und Muscheln.
    - Stachelhäuter: Frühe Formen von Seeigeln und Seelilien.
- Land*:* Noch fast ausschließlich unbewohnt, allenfalls einfache Algen und Pilze an den Küsten.

2. Ordovizium (vor 485–444 Mio. Jahre)

- Meeresleben: Die Vielfalt explodierte weiter.
- Charakteristische Wesen:

        - Kopffüßer: Riesige Nautiloideen (Vorfahren der Tintenfische) mit Schalen bis zu 9 Metern Länge.
        - Korallen: Die ersten riffbildenden Korallen entstanden.
        - Fische: Die ersten fischähnlichen Wirbeltiere (Kieferlose wie Ostrakoderme).
    - Land: Die ersten einfachen Landpflanzen (Moosartige) und später kleine Gliederfüßer wie Tausendfüßler besiedelten das Land.

3. Silur (vor 444–419 Mio. Jahre)

- Meeresleben: Fische diversifizierten sich weiter.
- Charakteristische Wesen:
    - Plattenpanzerfische: Frühe Fische mit Panzerung.
    - Aale: Die ersten echten Fische mit Kiefern tauchten auf.
- Land:
    - Pflanzen: Gefäßpflanzen (wie *Cooksonia*) begannen, das Land zu erobern und Wälder vorzubereiten.
    - Tiere: Spinnentiere (z. B. Skorpione) und erste Insekten wanderten an Land.

4. Devon (vor 419–359 Mio. Jahre) – „Das Zeitalter der Fische"

- Meeresleben: Fische dominierten die Ozeane.
- Charakteristische Wesen:
    - Panzerfische: Riesige Raubfische wie *Dunkleosteus*.
    - Knorpelfische: Vorfahren der Haie und Rochen.
    - Knochenfische: Die ersten Quastenflosser und Lungenfische.
- Land:
    - Pflanzen: Die ersten Wälder mit Bäumen (z. B. *Archaeopteris*) entstanden.
    - Wirbeltiere: Die ersten Amphibien (Labyrinthodonten) entwickelten sich aus den Lungenfischen und krochen an Land.
    - Insekten: Die ersten geflügelten Insekten erschienen.

5. Karbon (vor 359–299 Mio. Jahre)

- Klima: Warm und feucht, ideale Bedingungen für riesige Sumpfwälder (die später zu Kohle wurden).
- **Land:**
    - Riesengliederfüßer: Durch den hohen Sauerstoffgehalt der Luft wuchsen Insekten und Spinnen riesig (z. B. *Meganeura*, eine Libelle mit 70 cm Flügelspannweite, und *Arthropleura*, ein 2,5 m langer Tausendfüßler).
    - Amphibien: Dominanten große Amphibien.
- Meere: Quastenflosser und Haie blieben wichtig.

6. Perm (vor 299–252 Mio. Jahre)

- Land: Das Klima wurde trockener und kälter. Die Kontinente formten den Superkontinent Pangäa.
- **Charakteristische Wesen:**
    - Reptilien: Die ersten echten Reptilien und Synapsiden (Vorfahren der Säugetiere) wie *Dimetrodon* (mit dem markanten Rückensegel) dominierten.
    - Amphibien: Blieben in feuchten Gebieten zahlreich.

    - Insekten: Die ersten Schmetterlinge und moderne Insektenordnungen entstanden.
- Ende: Das Perm endete mit dem größten Massenaussterben der Erdgeschichte, das etwa 90 % aller Arten vernichtete und das Erdaltertum beendete.

II. Die zweite Zwischenepoche – die Stasis der überlebenden Tierarten

Am Ende des Perms geriet die Erde in einen Zustand extremer klimatischer Instabilität. Die gigantischen Eruptionen der Sibirischen Trappenvulkanismen überfluteten die Atmosphäre zunächst mit gewaltigen Mengen an Kohlendioxid und erzeugten eine Phase globaler Überhitzung. Kurz darauf verwandelten Schwefelaerosole den Himmel in eine undurchdringliche Schicht aus Dunst und Asche, die das Sonnenlicht blockierte und die Erde in eine langanhaltende Abkühlung stürzte. Dieser abrupte Wechsel zwischen Hitze und Dunkelheit ließ die Biosphäre des Erdaltertums zusammenbrechen und leitete die zweite Stasis ein.

Die Stasis dieser Zwischenepoche entstand nicht durch das Einfrieren einzelner Organismen, sondern durch das Einfrieren der Welt außerhalb weniger geschützter Regionen. Während große Teile der Landoberfläche unbewohnbar wurden, blieben bestimmte geologische Räume stabil genug, um Leben zu erhalten. Vulkanschlote, tektonische Spalten, geothermisch erwärmte Täler und Küstenregionen, die trotz der globalen Abkühlung nicht vollständig vereisten, bildeten natürliche Refugien. In diesen abgeschirmten Bereichen überdauerten die Tierarten, die später das Erdmittelalter prägen sollten. Diese Refugien fungierten als biologische Tresore, die die genetischen Grundlagen der kommenden Epoche bewahrten. Wer diese Mechanismen vertiefen möchte, findet sie im Konzept der Refugialräume.

Die überlebenden Tiere dieser Zwischenepoche waren nicht die großen Formen des Perms, sondern kleine, unscheinbare Linien, die bereits im späten Erdaltertum existierten. Früheste Archosaurier – die späteren Vorfahren der Dinosaurier – waren zu dieser Zeit kleine, bewegliche Reptilien, die sich in Spalten, Höhlen und unterirdischen Strukturen verbergen konnten. Ihre geringe Körpergröße, ihr niedriger Energiebedarf und ihre Fähigkeit, Entwicklungsprozesse zu verlangsamen, machten sie widerstandsfähig gegenüber den extremen Schwankungen der Umwelt. Die Stasis war daher eine Stasis der Miniaturformen, deren Überlebensstrategien auf Flexibilität und Rückzug beruhten. Die biologische Grundlage dieser Robustheit liegt in den Mechanismen kleiner Tiere, die extreme Bedingungen besser überstehen können, wie es die Forschung zu Überlebensstrategien kleiner Tiere zeigt.

Ein weiterer Mechanismus, der diese Stasis trug, war die Fähigkeit zur Entwicklungsruhe. Embryonen kleiner Reptilien können in eine Diapause eintreten – einen Zustand, in dem die Entwicklung nahezu zum Stillstand kommt, ohne dass der Embryo stirbt. Dieser Zustand wird durch extreme Umweltbedingungen ausgelöst und kann über lange Zeiträume stabil bleiben. Die Stasis der zweiten Zwischenepoche war daher kein physikalisches Einfrieren, sondern ein biologisches Innehalten, ein erzwungener Stillstand der Entwicklung, der die genetischen Tierarten der späteren mesozoischen Welt bewahrte. Die Grundlagen dieses Phänomens finden sich im Konzept der Diapause.

Während die Landbiosphäre weitgehend kollabierte, blieb die Tiefsee erneut stabil. Die physikalische Logik entsprach jener der ersten Zwischenepoche: Die Oberflächen frieren ein, doch die tieferen Wasserschichten bleiben flüssig und thermisch konstant. Die fittesten marinen Lebensformen überdauerten die Stasis in diesen stabilen Tiefenzonen, ohne strukturelle Veränderungen, aber mit drastisch reduzierter Aktivität. Die Stasis war damit ein globaler Stillstand der äußeren Welt, während die inneren, geschützten Räume der Erde die biologischen Linien bewahrten.
Als die Schwefelaerosole allmählich aus der Atmosphäre verschwanden und die Sonneneinstrahlung zurückkehrte, endete die Stasis. Die Temperaturen stiegen, die Böden tauten auf, und die überlebenden Tierarten verließen ihre Refugien. Die kleinen Archosaurier, die die Zwischenepoche überdauert hatten, fanden eine entleerte Welt vor, in der die großen Tiere des Perms verschwunden waren. Die ökologischen Nischen waren frei, die Konkurrenz gering, und die genetischen Flaschenhälse, die die Stasis erzeugt hatte, ermöglichten eine rasche Diversifikation. Die Dynamik dieser Erneuerung lässt sich im Konzept der genetischen Flaschenhälse nachvollziehen.

Die zweite Zwischenepoche war damit die Stasis, die die Biosphäre des Erdaltertums in die Biosphäre des Erdmittelalters überführte. Sie bewahrte ganze Tierarten, die durch ihre ökologische Flexibilität, ihre geringe Körpergröße und ihre Fähigkeit zur Entwicklungsruhe geschützt waren. Die Stasis konservierte die genetischen Grundlagen der späteren Dinosaurier und der mesozoischen Pflanzenwelt, ohne dass aktive Vegetation oder große Tiere existierten. Sie war ein Filter, der die Erde durch eine Phase extremer klimatischer Belastung trug und die Voraussetzungen für die Trias schuf – die Epoche, in der die Dinosaurier erstmals erschienen und die Welt des Erdmittelalters formten.

Das Erdmittelalter bestand aus folgenden Phasen:

1. Trias (vor 252–201 Mio. Jahren)

- Klima & Umwelt: Nach dem größten Massenaussterben am Ende des Perms erholte sich das Leben. Das Klima war meist warm und trocken, die Kontinente waren noch als Superkontinent *Pangäa* vereint.
- **Land:**
    - Dinosaurier: Die ersten Dinosaurier erschienen (z. B. *Eoraptor, Coelophysis*). Sie waren noch relativ klein und zweibeinig.
    - Andere Reptilien: Große Raubkrokodil-Verwandte (Phytosaurier) und die ersten Schildkröten.
    - Säugetiere: Die ersten echten Säugetiere entwickelten sich aus den Synapsiden (z. B. *Morganucodon*). Sie waren nachtaktiv und insektenfressend.
    - Pflanzen: Nadelbäume, Farne und Ginkgos dominierten; die ersten Blütenpflanzen tauchten noch nicht auf, aber die ersten Samenfarn-Verwandten.
- **Meere:**
    - Reptilien: Die ersten Meeresreptilien wie Ichthyosaurier (delfinähnlich) und Nothosaurier.

- Korallen: Moderne riffbildende Korallen entstanden wieder.

2. Jura (vor 201–145 Mio. Jahren)

- Klima & Umwelt: Pangäa begann zu zerbrechen. Das Klima war feuchter und wärmer, was zu ausgedehnten Sumpfwäldern führte.
- **Land:**
  - Dinosaurier: Die großen Sauropoden (Langhals-Dinosaurier wie *Brachiosaurus*, *Diplodocus*) wurden gigantisch und dominierten die Landschaft. Auch große Fleischfresser wie *Allosaurus* tauchten auf.
  - Vögel: Der erste Vogel, *Archaeopteryx*, entwickelte sich aus kleinen Dinosauriern (Federkleid und Flügel).
  - Flugsaurier: kleinere und mittelgroße *Pterosaurier*
  - Säugetiere: Blieben klein, nachtaktiv und unauffällig, diversifizierten sich aber leicht.
- **Meere:**
  - Reptilien: Plesiosaurier (Langhals) und Ichthyosaurier waren die dominierenden Raubtiere.
  - Fische: Moderne Knochenfische begannen sich zu verbreiten.
  - Tintenfische: Ammoniten waren extrem häufig und vielfältig (wichtige Leitfossilien).

3. Kreide (vor 145–66 Mio. Jahren)

- Klima & Umwelt: Die Kontinente nahmen ihre heutige Form an. Das Klima war warm, aber am Ende kühler werdend.
- **Land:**
  - Blütenpflanzen: Die ersten Blütenpflanzen (Angiospermen) erschienen und veränderten die Ökosysteme massiv. Bestäuber wie Insekten diversifizierten sich.
  - Dinosaurier: Die Hauptphase der Dinosaurier-Diversität. Berühmte Arten wie *Tyrannosaurus rex*, *Triceratops*, *Ankylosaurus* und *Velociraptor* lebten in dieser Zeit.
  - Flugsaurier: Riesige Formen wie *Quetzalcoatlus* (flugfähig wie ein Kleinflugzeug) erschienen.
  - Säugetiere: Begannen sich in verschiedene Richtungen zu entwickeln, blieben aber meist klein.
  - Insekten: Soziale Insekten wie Ameisen und Bienen tauchten auf.
- **Meere:**
  - Meeresreptilien: Mosasaurier (riesige Echsen, z. B. *Mosasaurus*) wurden zu den Top-Raubtieren.
  - Haie: Moderne Haie entwickelten sich weiter.
  - Ammoniten: Waren weiterhin extrem zahlreich, starben aber am Ende der Kreide aus.

Das Ende des Erdmittelalters vor 66 Millionen Jahren führten Asteroideneinschlägen (zusammen mit vulkanischer Aktivität) zum Kreide-Paläogen-Massenaussterben. Dabei starben alle nicht-vogelartigen Dinosaurier, die Flugsaurier, die Meeresreptilien und die Ammoniten aus. Nur Vögel (die verbliebenen Dinosaurier), Säugetiere, Reptilien (wie Schlangen, Eidechsen, Krokodile,

Schildkröten), Fische und viele andere Gruppen überlebten und bereiteten den Boden für das Erdneuzeit (Känozoikum).

III. Die dritte Zwischenepoche – die Stasis der kleinen Warmblüter

Die dritte Zwischenepoche beginnt mit einem einzigen Ereignis, das die Erde innerhalb weniger Stunden in einen Zustand globaler Verwüstung versetzt. Die Einschläge mehrerer extraterrestrischer Körper wie Asteroiden schleuderten Staub, Aerosole und Rußpartikel in die Stratosphäre und blockierten das Sonnenlicht nahezu vollständig. Die Atmosphäre verdunkelt sich, die Temperaturen fallen abrupt, und die Nahrungsketten brechen zusammen. Der sogenannte Impakt Winter hält über Jahre an und bildet die physikalische Grundlage der dritten Stasis. Die Mechanismen dieser Verdunkelung lassen sich im Konzept des Impaktwinters nachvollziehen.

Die Stasis dieser Zwischenepoche entsteht nicht durch den Rückzug der überlebenden Tierarten in geschützte Räume. Während die großen Tiere der Kreide – Dinosaurier, Flugsaurier und Meeresreptilien – den Zusammenbruch der Ökosysteme nicht überstehen, finden kleine Warmblüter Zuflucht in unterirdischen Strukturen, Höhlen, Spalten und dichten Vegetationsresten. Diese Habitate bieten thermische Stabilität, Schutz vor der atmosphärischen Verdunkelung und eine minimale Versorgung mit Nahrung. Die Stasis ist daher eine Stasis der kleinen Säugetiere und Vögel, deren Körperbau und Stoffwechsel sie befähigen, extreme Bedingungen zu überdauern.

Die überlebenden Tierarten dieser Zwischenepoche sind klein, beweglich und ökologisch flexibel. Frühe Säugetiere, die bereits im Erdmittelalter existierten, besitzen die Fähigkeit, ihren Energieverbrauch drastisch zu reduzieren. Manche Arten können in torpor ähnliche Zustände übergehen, in denen der Stoffwechsel auf ein Minimum sinkt. Kleine Vögel überstehen die Dunkelheit durch Rückzug in geschützte Nester und durch die Fähigkeit, ihre Körpertemperatur zu regulieren. Die Stasis ist damit ein biologisches Innehalten, das durch die klimatische Katastrophe erzwungen wird und die genetischen Linien für die spätere Erdneuzeit bewahrt. Die Grundlagen dieser Überlebensstrategien lassen sich im Konzept der Überlebensstrategien kleiner Tiere nachvollziehen.

Die Pflanzenwelt überdauert die dritte Stasis in Form von Samen, Wurzelsystemen und widerstandsfähigen Speicherstrukturen. Die oberirdischen Pflanzen sterben großflächig ab, doch die grundlegenden pflanzlichen Linien bleiben erhalten. Samen können jahrelange Dunkelheit überstehen, und unterirdische Rhizome warten auf die Rückkehr des Lichts. Die Stasis konserviert die genetischen Grundlagen der späteren Vegetation der Erdneuzeit, ohne dass aktive Photosynthese stattfindet.

Während die Biosphäre kollabiert, bleibt die Tiefsee erneut stabil. Die physikalische Logik entspricht jener der ersten beiden Zwischenepochen: Die Oberflächen frieren ein, doch die tieferen Wasserschichten bleiben flüssig und thermisch konstant. Die fittesten marinen Lebensformen überdauern die Stasis in diesen stabilen Tiefenzonen, ohne strukturelle Veränderungen, aber mit drastisch reduzierter Aktivität. Die Tiefsee bildet damit erneut den biologischen Kernspeicher der Erde.

Die Stasis endet, als die atmosphärischen Partikel allmählich aus der Stratosphäre entfernt werden und die Sonneneinstrahlung zurückkehrt. Die Temperaturen steigen, die Photosynthese setzt wieder ein, und die zuvor konservierten Lebensformen nehmen ihre Aktivität wieder auf. Die kleinen Säugetiere und Vögel, die die Stasis überdauert haben, besiedeln eine weitgehend entleerte Welt, in der die großen Tierformen der Kreide nicht mehr existieren. Die Pflanzenwelt regeneriert sich aus den überdauernden Speicherstrukturen und bildet die Vegetationsformen, die die Erdneuzeit prägen. Die Dynamik dieser Erneuerung lässt sich im Konzept der K-Pg-Diversifikation nachvollziehen.

Die dritte Zwischenepoche ist damit die Stasis, die die Biosphäre des Erdmittelalters in die Biosphäre der Erdneuzeit überführt. Sie bewahrt die grundlegenden Strukturen der Säugetiere, Vögel und der späteren Vegetation durch eine Phase extremer klimatischer Belastung hindurch und schafft die Voraussetzungen für die Entwicklung der Tierwelt der Erdneuzeit. In ihrer Funktion entspricht sie der Logik der Stasismechanismen der Erde: Konservierung durch klimatische Reduktion und Bewahrung der genetischen Grundlagen für die nächste Epoche.

Hier ist eine Auflistung über die Entwicklung der Erdneuzeit bis heute:

1. Paläogen (vor 66–23 Mio. Jahren)

- Klima & Umwelt: Die Erde erholte sich vom K-Pg-Impakt-Winter. Das Klima war anfangs sehr warm (ein „Heißes Haus"), kühlte dann aber allmählich ab. Die Kontinente näherten sich ihrer heutigen Position an; Indien kollidierte mit Asien (Himalaya entstand).
- Land:
    - Säugetiere: Rasante Evolution und Größenwachstum, da die Nischen der Dinosaurier frei waren.
        - Frühe Primaten: Vorfahren der Affen und Menschen tauchten auf (z. B. *Plesiadapis*).
        - Pferdevorfahren: Der kleine, handtellergroße *Hyracotherium* (Eohippus) begann sich zu entwickeln.
        - Raubtiere: Die ersten echten Raubtiere (Karnivoren) wie frühe Bären und Katzenartige (*Miacis*).
        - Riesentiere: In Isolation entwickelten sich riesige Vögel (z. B. *Gastornis*, ein flugunfähiger Laufvogel) und Säugetiere wie das *Paraceratherium* (das größte Landtier aller Zeiten, eine hornlose Nashorn-Verwandte).
    - Pflanzen: Die Blütenpflanzen (Angiospermen) dominierten nun fast vollständig. Die ersten Gräser tauchten am Ende dieser Epoche auf, aber Wälder waren noch vorherrschend.
- Vögel: Diverse Formen, darunter riesige Raubvögel und die ersten modernen Vogelordnungen.
- Meere:
    - Meeressäugetiere: Die ersten Wale (*Pakicetus*, *Basilosaurus*) entwickelten sich von landlebenden Huftieren und kehrten ins Wasser zurück.
    - Haie & Fische: Moderne Haie und Knochenfische diversifizierten sich stark.

2. Neogen (vor 23–2,6 Mio. Jahren)

- Klima & Umwelt: Das Klima wurde deutlich kühler und trockener. Große Eisschilde bildeten sich an den Polen. Die Vegetation veränderte sich radikal: Wälder weichten Graslandschaften (Savannen, Steppen), die sich massiv ausbreiteten.
- Land:
    - Säugetiere: Anpassung an das Leben in offenen Graslandschaften (Schnelligkeit, Weiden).
        - Pferde: Wurden größer, schneller und entwickelten einbeinige Hufe (*Equus*).
        - Rinder & Antilopen: Diversifizierten sich stark.
        - Raubtiere: Die modernen Familien (Löwen, Tiger, Wölfe, Bären, Hyänen) etablierten sich.
        - Elefanten: Riesige Formen wie *Deinotherium* und *Mammut* (frühe Formen) erschienen.
    - Menschen: Die Hominiden (menschliche Vorfahren) entwickelten sich in Afrika.
        - *Australopithecus* (z. B. „Lucy") begann, auf zwei Beinen zu laufen.
        - Gegen Ende des Neogens tauchte der erste Vertreter der Gattung *Homo* (*Homo habilis*) auf.
    - Vögel: Die heutigen Vogelordnungen (Sperlingsvögel, Greifvögel, Wasservögel) etablierten sich vollständig.
- Meere:
    - Wale: Die modernen Walgruppen (Bartenwale, Zahnwale) entstanden.
    - Robben & Seekühe: Entwickelten sich weiter.

3. Quartär (vor 2,6 Mio. Jahren – Heute)
Dieses Zeitalter ist geprägt durch wiederkehrende Eiszeiten (Glaziale) und Zwischeneiszeiten (Interglaziale). Es ist in zwei Perioden unterteilt:

A. Pleistozän (vor 2,6 Mio. – 11.700 Jahren)
- Klima: Extreme Klimaschwankungen mit langen, kalten Eiszeiten und kurzen, warmen Zwischeneiszeiten.
- Land (Megafauna):
    - Riesentiere: Eine Welt der riesigen Säugetiere, angepasst an Kälte und Wärme.
        - Wollhaarmammut und Wollhaarnashorn.
        - Riesengürteltiere (in Südamerika).
        - Säbelzahnkatzen (*Smilodon*).
        - Riesenbären, Wollwölfe, Riesenhirsche.
    - Menschen:
        - *Homo erectus* wanderte aus Afrika aus.
        - Neandertaler (*Homo neanderthalensis*) entwickelten sich in Europa und Asien.
        - Der moderne Mensch (*Homo sapiens*) entstand vor ca. 300.000 Jahren in Afrika und breitete sich weltweit aus.
        - Kultur: Entstehung von Werkzeugen, Feuer, Kunst und Sprache.
- Aussterben: Am Ende des Pleistozäns starb ein Großteil der Megafauna aus (wahrscheinlich durch Kombination von Klimawandel und menschlicher Jagd).

B. Holozän (vor 11.700 Jahren – Heute)

- Klima: Eine ungewöhnlich stabile Warmzeit, die die Entwicklung der menschlichen Zivilisation ermöglichte.
- Land:
    - Mensch:
        - Beginn der Landwirtschaft (Neolithische Revolution) vor ca. 10.000 Jahren.
        - Entstehung von Städten, Schrift, komplexen Gesellschaften.
        - Industrielle Revolution und massive globale Veränderungen durch den Menschen.
    - Fauna: Die großen Tiere, die überlebten (Elch, Bär, Wolf, Bison), wurden oft von Menschen gejagt oder in ihrem Lebensraum begrenzt. Viele Inselarten (z. B. Moas, Dodo) wurden vom Menschen ausgerottet.
- Aktuelle Entwicklung: Wir befinden uns möglicherweise in einem neuen, vom Menschen verursachten Aussterbeereignis (oft als Anthropozän diskutiert), das die biologische Vielfalt stark reduziert.

Zusammenfassung der Entwicklung im Erdneuzeit

Epoche	Zeitraum	Dominante Gruppe	Schlüsselereignis
Paläogen	66–23 Mio. J.	Säugetiere, Vögel	Erholung nach Dinosauriern, Wale kehren ins Wasser zurück.
Neogen	23–2,6 Mio. J.	Säugetiere, Gräser	Ausbreitung der Savannen, erste Hominiden (Australopithecus).
Pleistozän	2,6 Mio.–11.700 J.	Megafauna, Menschen	Eiszeiten, Säbelzahnkatzen, Neandertaler, *Homo sapiens*.
Holozän	11.700 J.–Heute	Menschen	Landwirtschaft, Zivilisation, Industrielle Revolution.

Die Erdneuzeit ist also die einzige Epoche, in der wir Menschen selbst leben. Es begann mit der schnellen Aufteilung der Säugetiere in neue Formen und endete (bzw. führt zu) der Dominanz des Menschen, der nun selbst zum größten Einfluss- und leider Zerstörungsfaktor der Biosphäre geworden ist.

Joseph Stand: 26.11.26