



GeoForum Inhaltliches Grobkonzept

Inhaltsverzeichnis Inhaltliches Grobkonzept

Zielgruppen	2
Vermittlungsangebote	3
Inhaltliches Ausstellungskonzept	5
1 Ausstellungsfläche Foyer	6
Inhaltliche Zusammenfassung Foyer	6
A.1 Dinosaurier-Installation	7
A.2 Prolog: Das System Erde	8
A.3 Erster Teil des GeoSystems „Im Erdinneren – der dynamische Planet	8
A.4 Timeline: Meilensteine der Entwicklung von Geo- und Biosphäre	9
2 Dauerausstellung	13
B.1 GeoSystem „Evolution und Prozesse an Land“	14
B.2 GeoSystem „Evolution und Prozesse im Meer“	21
B.3 GeoSystem „Im Erdinneren – der dynamische Planet“	25
B.4 GeoSystem „Der Mensch im System Erde“	33
B.5 Verbindende Installation „Kreislaufprozesse“	38
3 Fachdidaktikraum	42
4 Cafeteria	42
5 Treppenabgang und Untergeschoss	42
6 Außenfläche	43
Schaufenster Schillerstraße	43
Außenbereich Schillerstraße	43
GeoGarten im Innenhof	44

Zielgruppen

Das GeoForum bietet ein breit gefächertes Vermittlungsprogramm, das auf verschiedene Alters- und Interessensgruppen abgestimmt ist. Vom neugierigen Grundschulkind bis zu promovierten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen finden hier die Besuchenden spannende Zugänge zur Welt der Geowissenschaften. Um die Besuchenden in ihren Kenntnissen und Bedürfnissen besser abbilden zu können, wird mit sog. Proto-Personas gearbeitet. Im Folgenden findet sich eine Auswahl, welche die Hauptzielgruppen des GeoForums abbildet. Anhand von Steckbriefen für die einzelne Person werden Annahmen für die Zielgruppen gemacht und passende Angebote beschrieben. Ein besonderer Fokus des GeoForums ist auf ältere Schüler und Schülerinnen sowie Studierende gerichtet.

Unsere Besucherinnen und Besucher

Eine **Auswahl**



<small>Zielgruppe Grundschüler:innen</small>  Schülerin Louisa, 9 Jahre	<small>Zielgruppe Schüler:innen</small>  Schüler Tim, 15 Jahre	<small>Zielgruppe Fachpublikum</small>  Doktorandin Marlene, 28 Jahre	<small>Zielgruppe Laien</small>  Familienvater Haithem, 50 Jahre
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Grundschüler und Grundschülerinnen

Für die jüngsten Besucherinnen und Besucher gestaltet sich das Museum zu einem Ort voller Entdeckungen: Interaktive Stationen laden zum Mitmachen ein, kindgerechte Führungen erzählen spannende Geschichten über Dinosaurier, glitzernde Kristalle, Vulkane oder versteinerte Pflanzen. Workshops für Grundschulklassen fördern spielerisches Lernen und machen Wissenschaft greifbar.

Schüler und Schülerinnen von 14-18 Jahren

Jugendliche erleben die Ausstellung als offenen Lern- und Diskussionsraum: Sie erkunden komplexe geowissenschaftliche Zusammenhänge über immersive Medien und interaktive Module. Speziell entwickelte Workshops fördern kritisches Denken und eignen sich ideal zur Ergänzung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Es werden Einblicke in die Arbeitsweisen der Geowissenschaften gewährt und Kontakte zu den Lehrstühlen angeboten.

Studierende und Fachpublikum

Für wissenschaftlich Fortgeschrittene bietet das Museum Zugang zu einer beeindruckenden Sammlung geologischer, mineralogischer und paläontologischer Objekte.

Es soll ein Austausch mit Kollegen und Kolleginnen ermöglicht und die aktuellen Forschungsschwerpunkte im eigenen Haus sichtbar werden.

Interessierte Laien, Eltern und Großeltern

Ob beim Wochenendausflug mit den Kindern und Enkeln oder beim eigenen Blick in die Tiefen der Erdgeschichte: Das Museum bietet spannende Inhalte für die ganze Familie. Spielerisch-anschauliche Vermittlung, Medien-Guides, Führungen und Veranstaltungen eröffnen fundiertes Wissen – unterhaltsam und verständlich aufbereitet.

Vermittlungsangebote

Das GeoForum soll den Besuchern und Besucherinnen ein vielfältiges Angebot mit verschiedenen Zugängen zur Ausstellung und den darin enthaltenen Lerninhalten anbieten.

Dabei ist es wichtig, sowohl die herausragenden Sammlungsstücke mit ihrer Botschaft zu präsentieren wie auch vertiefende Angebote für die unterschiedlichen Zielgruppen bereitzustellen.

Das Vermittlungsangebot umfasst folgende Punkte:



- Beeindruckende Objekte aus den geowissenschaftlichen Sammlungen der SNSB und den Forschungsbereichen der LMU
- Immersive Elemente, die die Besuchenden in verschiedene (Lebens-)Räume, Landschaften und Erdschichten eintauchen lassen

- Interaktive Ausstellungsbereiche, in denen die Besuchenden spielerisch verschiedene Lerninhalte im Austausch mit anderen oder für sich selbst erarbeiten können
- Führungen durch die Ausstellungen sowohl für verschiedene Altersgruppen wie auch für Personen mit unterschiedlichen Einschränkungen
- Vielfältiges Workshop-Angebot sowohl für Schulklassen unterschiedlicher Altersgruppen wie auch für Privatgruppen
- Führungen und Workshops in der Stadt und an der Isar
- Digitale Begleiter, wie zum Beispiel Medien-Guides und Follow-ups, um bestimmte Themen zu vertiefen (weiterführende Informationen und ausgearbeitete Führungslinien)
- Webseite und Newsletter

Für Führungen ist es wichtig, dass sowohl im Foyer als auch in der Dauerausstellung genügend Raum für Gruppen vorgesehen wird. Ausgewählte Objekte, die für Führungen größerer Gruppen essentiell sind, sollten so angeordnet sein, dass sich Gruppen davor versammeln können und ungehinderten Blick auf zentrale Inhalte haben. Enge Wege sollten grundsätzlich vermieden werden.

Für Individualbesucher und -besucherinnen soll es die Möglichkeit geben, Führungen durch die Ausstellung mithilfe eines Media-Guides zu erleben. Dieser kann durch eine App realisiert werden.

Das Dokument 01_Auftragsbeschreibung.pdf enthält außerdem Angaben zur Barriere-Reduktion und zur Nachhaltigkeit.

Inhaltliches Ausstellungskonzept

Die Ausstellungsinhalte gliedern sich in vier GeoSysteme. Sie erlauben eine „Reise“ in unterschiedliche Bereiche der Erde.



GeoSysteme sind Konzepträume, d.h. zukünftige Ausstellungsbereiche, die Prozesse im Erdinneren und an der Oberfläche, dynamische Veränderungen und Strukturen der Erde veranschaulichen. Das Konzept löst klassische Disziplingrenzen der Geowissenschaften auf und folgt stattdessen einem offenen, integrativen Ansatz. GeoSysteme stehen sowohl untereinander als auch mit dem Menschen in Wechselwirkung und ermöglichen so eine ganzheitliche Betrachtung der Geowissenschaften.

Jedes Geosystem enthält mehrere Themencluster. Alle GeoSysteme werden durch eine gemeinsame Installation miteinander verbunden.

Basiswissen, aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse und gesellschaftlich relevante Themen werden miteinander verknüpft und durch Beispiele aus der Forschung – idealerweise aus dem eigenen Haus – veranschaulicht. So entsteht ein tieferes Verständnis für die Wechselwirkungen und Zusammenhänge in der Natur. Eine interaktive und leicht zugängliche Präsentation sorgt dafür, dass Besucherinnen und Besucher jeden Hintergrunds die komplexen Prozesse unserer Welt besser verstehen und deren Auswirkungen auf ihre eigene Lebenswelt erkennen.

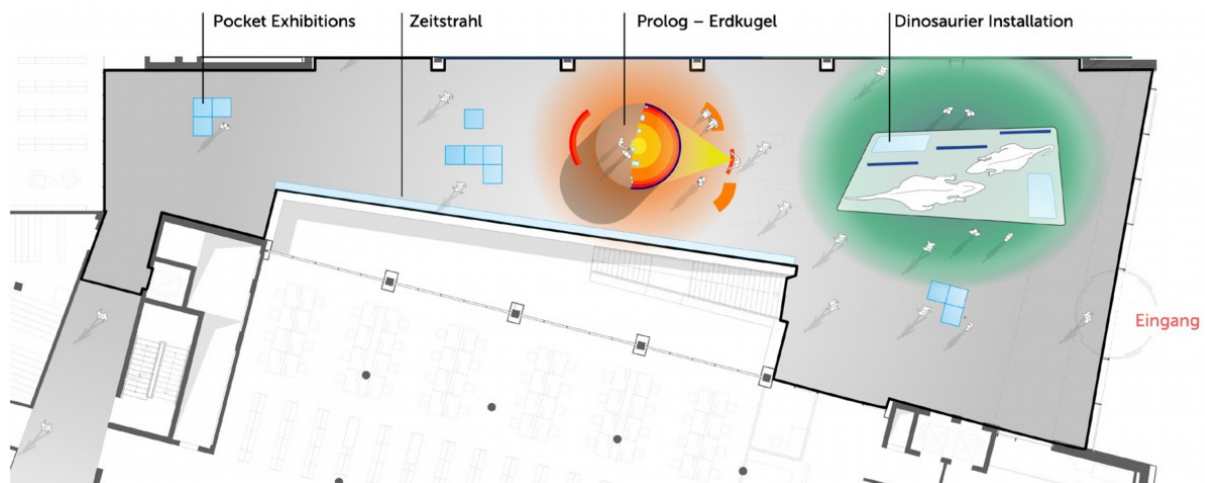
1 Ausstellungsfläche Foyer

Das repräsentative Foyer hat mehrere Funktionen: Es ist der Eingangsbereich des Gebäudes, Aufenthaltsbereich für Besucher und Besucherinnen, Mitarbeitende und Studierende, Veranstaltungsraum und nicht zuletzt eine Ausstellungsfläche.

Im Foyer empfängt eine eindrucksvolle Dinosaurier-Inszenierung die Besucherinnen und Besucher. Daran schließt sich eine große Erdhalbkugel an. Ihre konvexe Seite zur Schillerstraße dient als Projektionsfläche, auf der das Publikum in das System Erde in seiner Gesamtheit eintauchen kann.

Die flache Seite der Halbkugel wird mit dem Thema „Differentiation und Schalenaufbau der Erde“ in den Themencluster „Tiefe Geosphäre“ einführen. Entlang der Treppenbrüstung wird die Entwicklung der Geo- und Biosphäre mit einigen wichtigen Meilensteine der Erdgeschichte präsentiert und zeitlich eingeordnet.

Drei Pocket Exhibitions befassen sich mit aktuell laufenden Forschungsprojekten aus dem eigenen Hause.



Inhaltliche Zusammenfassung Foyer

Im System Erde betrachten wir unseren Planeten in seiner Gesamtheit:

- die Geosphäre, die vom Erdmittelpunkt bis zu den höchsten Berggipfeln reicht,
- die Hydrosphäre des Grundwassers, der Flusssysteme, der Seen und Ozeane und der Gletscher und Polkappen,
- die Atmosphäre von der Erdoberfläche bis zum Beginn des Alls,
- die Biosphäre mit ihrer ungeheuren Diversität an unterschiedlichsten Organismen
- sowie die Anthroposphäre, in der die Wechselwirkung der Menschheit mit ihrem Heimatplaneten stattfindet.

Erdsystemforschung betrachtet die Material- und Energieflüsse zwischen diesen Sphären mitsamt ihren Kreisläufen, ihren Rückkopplungen und Wechselwirkungen. Diese komplexen Prozesse haben auf der Erde Bedingungen geschaffen, die die Entwicklung von Leben im Verlauf von Milliarden Jahren ermöglichten.

Die Geowissenschaften erkunden mit ihren Methoden dieses System Erde auf allen Skalen: von Sekundenbruchteilen zu vielen Jahrmillionen, von Kristallgittern zum gesamten Planeten.

Fossilien und Gesteine sind Zeugen vergangener Lebensräume und Prozesse auf der Erde. Sie helfen uns, die Entwicklung von Leben und Umwelt in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft zu verstehen. Die über 200 Millionen Jahre alten Dinosaurier sind Teil der wechselhaften Erdgeschichte Bayerns. Die Dinosaurierinstallation bietet den Besucherinnen und Besuchern einen Zugang zu vielen Bereichen der Geowissenschaften von der Paläobiologie und Paläoökologie, der Geodynamik, der Sedimentation, der Biomineralisation und Fossilisation bis hin zur Evolution. Das zeigt anschaulich, wie sehr die unterschiedlichen Fachdisziplinen miteinander vernetzt sind.

A.1. Dinosaurier-Installation		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
A.1.1 Fossilisation	Toter Organismus wird in tonigen Ablagerungen schnell eingebettet und dem Zugriff von Mikroorganismen entzogen. Organisches Material im Knochen wird ersetzt durch Minerale (Calciumphosphat).	Dynamische Szene mit Skelettrekonstruktionen des neuen bayerischen Raubsaurier ¹ und <i>Plateosaurus</i> aus Ellingen; Dazu Gestein aus der Saurier-Fundstelle (Trossingen-Formation: Feuerletten) sowie Originalskelettreste beider Saurier im Vergleich zu rezenten (d.h. heutigen) Knochen Hands-on rezenter/fossilisierter Knochen
A.1.2 Kontinent-konstellation in der Obertrias	In der Obertrias gab es eine komplett andere Welt als heute sowohl in Bezug auf die belebte Natur als auch auf die Kontinent-Meer-Verteilung.	Kugelprojektion der plattentektonischen Situation auf der Erde, Zentraleuropas und Paläoumwelt in Ellingen zur Oberen Trias.
A.1.3 Playa (riesige abflusslose Seen, werden gespeist von Flüssen aus gebirgigen Umland) mit wechselfeuchtem bis trockenem Klima	Große zusammenhängende Landmasse bedingt monsunbetontes Klima. Temporär entwickelten sich abflusslose Seen, in die tote Organismen eingebettet wurden. Zusammenhänge Verteilung der Kontinente und Klima verstehen	Großformatige, evtl. interaktive Darstellung/Rekonstruktion der Obertrias-Landschaft; Monitor (Touchscreen)?
A.1.4 Evolutiver Schub	Durch die Klima- und Vegetationsbedingungen können pflanzenfressende Dinosaurier „aufblühen“. Wahrscheinlich ist dies positiv korreliert mit den Raubdinosauriern bzgl. Größe und Vielfalt.	

¹ Der Saurier befindet sich aktuell in der Forschung. Er hat noch keinen Namen, ist jedoch mit dem zeitgenössischen Dinosaurier *Liliensternus* vergleichbar und rund 10m lang. Die Skelettrekonstruktion des neuen Raubsauriers muss im Rahmen des Ausstellungsbudget erst noch geplant und gefertigt werden. – Von *Plateosaurus* besitzt die Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie eine Skelettrekonstruktion, die gegebenenfalls ummontiert werden muss.

A.2. Prolog: Das System Erde		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
A.2.1 Geo-, Hydro-, Kryo- und Atmosphäre	Darstellung der räumlichen Erdoberfläche: Verteilung von Land/Wasser; Plattengrenzen, Vulkane (Ring of Fire), Plattenbewegungen in der Vergangenheit bis heute; // Ergänzend bei geführten Programmen: Klimazonen; Strömungen in Atmosphäre und Ozeanen, Flusssysteme, Eis etc. und ihrer zeitlichen Entwicklung	Als Film in Dauerschleife (auch nachts projiziert) auf der nach Osten ausgerichteten Globusoberfläche: (Satelliten-) Bild aus dem Weltall, Verteilung von Land/Wasser, Plattengrenzen, Vulkane, Erdbeben, Plattenbewegungen in der Vergangenheit bis heute // Ergänzend zur Dauerschleife zur Auswahl (mit gesichertem Steuerpult): Strömungen in der Atmosphäre und in den Ozeanen, Polkappen im Laufe der Zeit, geologische Karte, Klimazonen, Verteilung ganzjährige und saisonale Flüsse, Polkappen im Laufe der Zeit, aktueller Rückgang des Meereises, geologische/tektonische Karte; Projektionen zum Einfluss des Menschen und zu seinen Abhängigkeiten (wichtige Rohstoffe, Böden, Trinkwasser, weitere Geohazards, etc.)

A.3. Erster Teil des GeoSystems „Das Erdinnere – der dynamische Planet“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
A.3.1 Tiefe Geosphäre		
A.3.1.1 Differentiation und Schalenaufbau der Erde	Differenzierung nach der Dichte führte zur Entstehung der Litho- Hydro- und Atmosphäre; „Ur-Mineralen“ entwickelten sich durch „Evolution“ weiter aufgrund von physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen (Aktivität H ₂ O, CO ₂ , ...)	Begehbare Erdmodell: Querschnitt der Erde mit Modell-Gesteinen aus den unterschiedlichen Bereichen (Meteorite, Mantelxenolithe, (supertiefe) Diamanten, Eklogite, Granulite, Granit, MOR-Basalt) Hands-on zur Dichte von Gesteinen
A.3.1.2 Methodik: Geophysik	Seismische Wellen breiten sich unterschiedlich in der Erde aus und machen Dinge sichtbar, die nicht durch direkte Methoden (z.B. Bohrung) geliefert werden	Bildschirm/Abbildung zur globalen Verteilung von Seismographen Graphische Darstellung im Innern des begehbaren Erdmodells Modell? Interaktive Station? zur Ausbreitung seismischer Wellen in unterschiedlichen Materialien des Erdinneren > Durchdringen von festen bzw. flüssigen Bereichen im Erdinneren

A.4. Timeline: Meilensteine der Entwicklung von Geo- und Biosphäre		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
A.4.1 Relative Altersdatierung	Neben der absoluten bzw. radiogenen Altersdatierung, können Gesteine auch relativ datiert werden: unten = älter, oben = jünger deformiert = älter, undeformiert = jünger Jüngere Strukturen schneiden ältere ab oder durchschlagen sie;	Visualisierung anhand von Gesteinen, Fossilien, Fotos von Gesteinsformationen Gestein mit mind. zwei Klüftfüllungen oder Aplitgängen > eine durchbricht die andere (Handstück)

A.4. Timeline: Meilensteine der Entwicklung von Geo- und Biosphäre		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/Botschaft	Exponat/Installation
	<p>Deutlich machen, dass es in Schichtabfolgen Lücken gibt (die meiste Zeit steckt in den Schichtlücken):</p> <p>Abtragung/Deformation von Schichten</p> <p>Evolution bietet uns eine „biologische Uhr“: Leitfossilien zeigen, dass sich viele Fossilien nicht zur relativen Altersbestimmung eignen (z.B. Brachiopoden), einige jedoch sehr gut (Ammoniten > Leitfossilien).</p>	<p>Gestein mit Bereich, der andere Mineralvergesellschaftung zeigt (Kontaktmetamorphose)</p> <p>„Spiel“ zur Analyse von Aufschlussfotos oder Handstücken (Diskordanzen; Gänge, etc.)</p> <p>Sedimentgestein mit schichtigem Aufbau und Diskordanz</p> <p>Jurassische Ammoniten als Leitfossilien; „konservative“ Brachiopoden desselben Zeitraums gegenüberstellen</p>
A.4.2 Absolute bzw. radiogene Altersdatierung	<p>Durch natürlichen radioaktiven Zerfall bestimmter Isotope lassen sich geologische Prozesse datieren. Isotope sind Atome mit der gleichen Protonen-, aber unterschiedlichen Neutronenzahl.</p> <p>Die Halbwertszeit ist die Zeit, in der die Hälfte des ursprünglichen Isotops/Ausgangsstoffes zerfallen ist. Es gibt unterschiedliche Isotopen-Systeme, die für bestimmte Zeiträumen nutzbar sind (z.B. Ar-Ar, U-Pb, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$).</p> <p>U-Pb an zoniertem Zirkon erklären: älteste Zirkone der Welt und ihre Geschichte</p>	<p>Hands on zur Halbwertszeit (z.B. Zirkondarstellung mit Dioden, die Farben wechseln vor und nach dem Zerfall > nach Ablauf der Halbwertszeit ist nur noch $\frac{1}{2}$ in ursprünglicher Farbe, nochmaliger Ablauf der Halbwertszeit ist nur noch $\frac{1}{4}$ in ursprünglicher Farbe, ...)</p> <p>Experiment: Massenspektrometer-Modell mit unterschiedlichen schweren Kugeln, die mit Druckluft abgeschossen werden und aufgrund ihres unterschiedlichen Gewichts in unterschiedliche Behälter fallen.</p> <p>Tabelle mit verschiedenen Isotopensystemen und ihrer Anwendbarkeit (Alter, Halbwertszeit, Material).</p> <p>Gneis mit unterschiedlichen Altersinformationen (Erstarrungs- und Metamorphose-Alter)</p>
A.4.3 Zeitstrahl	Orientierung in der Erdgeschichte Verortung der unten geschilderten Meilensteine	Stratigraphische Tabelle als maßstäblicher, graphischer Zeitstrahl über die gesamte Länge der Brüstung
A.4.3.1 Meilenstein: Entstehung der Erde vor 4,56 Ga (Ga = Milliarden Jahre)	Die Erde entstand vor 4,56 Ga durch Akkretion Ca. 100 Ma später kollidierte Thea mit der frühen Erde, dabei bildete sich der Mond.	Kohliger Chondrit als „Urmaterial“ des Sonnensystems; Mondmeteorit
A.4.3.2 Meilenstein: Krustenentwicklung vor rund 4 Ga	Dichtentrennung zur Entstehung der Litho- Hydro- und Atmosphäre In diesem Zusammenhang entsteht auch die Erdkruste auf der wir leben	Begehbare Erdmodell im Atrium (siehe A3.1) Ältesten überlieferten Minerale (Zirkone aus Pilbara); Ältesten überlieferten Gesteine (Acasta-Gneis-Komplex)
A.4.3.3 Meilenstein: Nachweis für Leben vor rund 3,8 Ga	Die frühesten Lebensspuren können geochemisch nachgewiesen werden	Gestein dazu (z.B. Metasedimente aus Grünsteingürteln von Kanada)
A.4.3.4	O ₂ -freie Ur-Atmosphäre; Schwache Sonne Paradox; CO ₂ als Treibhausgas	Witwatersrand-Konglomerat mit Pyritgeröllen

A.4. Timeline: Meilensteine der Entwicklung von Geo- und Biosphäre		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/Botschaft	Exponat/Installation
Meilenstein: Die Ur-Atmosphäre (z.B. vor 3,5 Ga)		
A.4.3.5 Meilenstein: Great Oxidation Event vor rund 2,5 Ga	Entscheidende Wechselwirkung/Wende führte von einer anoxischen zu einer oxischen Atmosphäre, unter der komplexeres Leben entstehen konnte (Übergang anoxische zu oxische Photosynthese bzw. grüne und purpurne Schwefelbakterien zu Cyanobakterien (vor ca. 3,5 Mrd. Jahren), freier Sauerstoff, GOE = Great Oxidation Event vor ca. 2,3 Mrd. Jahren). Durch freien Sauerstoff konnten neue Minerale gebildet werden (Oxide, Hydroxide) > Evolution der Minerale nach Bob Hazen; aufgrund von physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen (Aktivität H ₂ O, CO ₂ , ...)	Banded Iron Formation; Stromatolithe Oxidische und hydroxidische Minerale
A.4.3.6 Meilensteine: Snowball Earth vor rund 2,3 Ga und rund 0,7 Ga	Verringerung des CO ₂ -Gehalts der Atmosphäre führt zu mehreren Vereisungen (fast) der gesamten Erde	Tillite mit Cap-Karbonaten
A.4.3.7 Meilenstein: Ediacara-Fauna vor rund 600 Ma (Ma = Millionen Jahre)	Erste „Großfossilien“ (Metazoa)	Fossilien aus der Ediacara-Fauna
A.4.3.8 Meilenstein: „Kambrische Explosion“ vor 539 Ma, Kambrische/Ordovizische Radiation	Hartteile der heutigen Tierstämme werden entwickelt; weitere Organismengruppen, die heute nicht mehr existieren	z.B. Trilobiten, Hallucigenia etc. von Chengjiang; Burgess (Mittelmambrium)
A.4.3.9 Meilenstein: Landpflanzen vor rund 480 Ma	Entwicklung der Ozonschicht: Landleben möglich; Pilze und Pflanzen gehen an Land	Rhynie Chert; Ausstellung zur Baumevolution im Flur zum Innenhof (vgl. Fußnote 3, S. 19)
A.4.3.10 Meilenstein: Kellwasser-Events vor rund 370 Ma	Anoxic Events und ihre Auswirkungen; Massenaussterbeereignisse	Schwarzschieferhorizont
A.4.3.11 Meilenstein: Permokarbone Vereisung vor rund 300 Ma	Eiszeit durch CO ₂ -Abfall in der Atmosphäre wg. Einlagerung in Biomasse	Fossilien aus Karbonwäldern Gletscherschiffe und Tillite in Afrika
A.4.3.12 Meilenstein: Perm/Trias-Grenze vor 252 Ma	Größtes Massenaussterben; Large Igneous Provinces (LIP) als CO ₂ -Lieferanten	LIP-Basalt; Fossilien ausgestorbener Tiere

A.4. Timeline: Meilensteine der Entwicklung von Geo- und Biosphäre		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
A.4.3.13 Meilenstein: Massenaussterben an der Trias-Jura- Grenze vor 201 Ma	Plattentektonische Prozesse (v.a. Vulkanismus, hier Central Atlantic Magmatic Province, CAMP) beeinflussen Ozeanchemismus und Zusammensetzung der Atmosphäre, klimaaktive Gase, v.a. CO ₂)	Dinosaurier-Installation im Atrium (siehe A.1.2)
A.4.3.14 Meilenstein: Kreide-Tertiär-Grenze vor 66 Ma	Massenaussterben durch Impakt; „Nuklearer Winter“-Szenario; Ozeanversauerung	Kalkstein aus Gubbio mit Grenzlage (Iridium-Anomalie); Fossilien ausgestorbener Tiere
A.4.3.15 Meilenstein: PETM vor 56 Ma	Paleocene/Eocene Thermal Maximum (PETM) und Azolla Event: besonders schnelle Freisetzung von CO ₂ und Methan durch LIP und Kontaktmetamorphose (Intrusion von Basalten in Ölschiefer und Kohlen); Recovery durch Azolla?	Gefrittete Ölschiefer?; Azolla-Lagen (Spitzbergen)
A.4.3.16 Meilenstein: Klimatische Entwicklung seit dem Pleistozän Beginn vor 2,6 Ma	Mensch im Pleistozän und Holozän; Eiszeiten und Warmzeiten	Gekritzte Geschiebe aus dem bayerischen Alpenvorland; Menschliche Artefakte aus der Steinzeit; Mammutbackenzahn
A.4.3.17 Meilenstein Anthropogener Klimawandel heute	Anthropogene Einflüsse (z.B. Rodungen); Industrielle Revolution; Great Acceleration („Anthropozän“)	Plastiglomerate

Mood-Board Foyer

Ausstellungselemente Foyer



Interaktiver Globus: Prolog für GeoSysteme

- Aufbau des Planeten Erde
- Reise ins Erdinnere
- Modellgesteine

Dinosaurier Installation

- Skelettrekonstruktionen
- (Partielles) Landschaftspanorama
- Vitrinen mit Originalknochen
- Interaktive Vermittlung des Kontexts

Zeitstrahl

Meilensteine der Erdgeschichte:
Zeitliche Orientierung entlang der
Treppenbrüstung

Pocket Exhibitions

Aktuelle Forschungsprojekte
werden temporär gezeigt
Modulare Bauweise

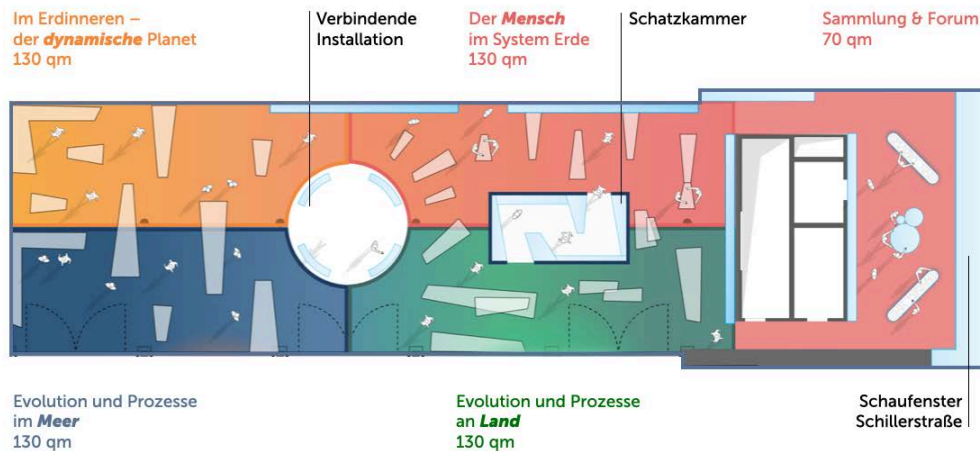
Die Pocket Exhibitions sind im Dokument 01_Auftragsbeschreibung.pdf beschrieben.

2 Dauerausstellungsfläche

Die Dauerausstellungsfläche des GeoForums beherbergt Ausstellungen zu den vier GeoSystemen sowie in ihrer Schnittmenge eine verbindende Installation zum Gesteinskreislauf und zum Kohlenstoffkreislauf.

Der Ausstellungsraum ist durch Glaswände vom Atrium getrennt. Eine Alarmierung ist nur in den Vitrinen möglich. Offen präsentierte Exponate benötigen in der Regel einen Tastschutz.

Dauerausstellung Vorortung **GeoSysteme**

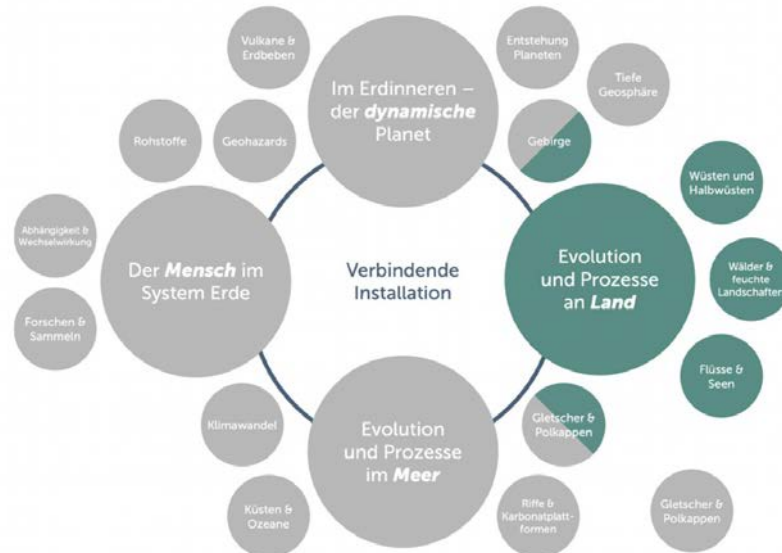


Dauerausstellung Vorortung **Themenccluster**



GeoSystem „Evolution und Prozesse an Land“

Die Landoberfläche der Erde wird seit Jahrmillionen durch Verwitterung, Abtragung und Wiederablagerung geprägt. Die Entwicklung von Leben an Land ist eng mit dem Klimasystem und der Entwicklung der Erdatmosphäre gekoppelt.



Zusammenfassung „Evolution und Prozesse an Land“

Verwitterung, Bodenbildung, Abtragung, Transport durch Wasser, Eis und Wind sowie die Ablagerung von Sediment sind wichtige geologische Prozesse. Sie prägen die Landoberfläche der Erde seit Jahrmillionen. Wüsten – Schauplätze extremer klimatischer Bedingungen – machen die Kraft dieser Prozesse sichtbar.

Gletscher und vereiste Polkappen sind Teil des Klimasystems und wichtige Süßwasserspeicher. Ihr Vorhandensein oder Abschmelzen beeinflussen den Meeresspiegel mit unmittelbaren Auswirkungen auf die Küstenstädte. Tauender Permafrost setzt große Mengen des Treibhausgases Methan frei. Verschwindet der Permafrost in den Hochgebirgen, kommt es vermehrt zu Felsstürzen und Hangrutschungen. Von den Bergen bis zum Meer prägen Flusssysteme, Seen und Überschwemmungsgebiete die Landschaften. Sie sind zentrale Elemente des Wasserkreislaufs.

Nur in terrestrischen Becken, in Seen und Flussniederungen wird nennenswert Sediment abgelagert. Diese Sedimente sind wichtige Geoarchive für die Evolution von Landlebewesen und ihren wechselnden Umweltbedingungen im Laufe der Jahrmillionen.

Leben an Land ist nur möglich, weil die Ozonschicht vor UV-Strahlung der Sonne schützt. Leben an Land ist daher eng mit der Entwicklung und fortdauernden Veränderung der Erdatmosphäre verknüpft. Diese regelt über den Treibhauseffekt auch die Temperatur an der Erdoberfläche. Starke bzw. schnelle Temperaturschwankungen führten zu Massenaussterben.

Mit dem Landgang der Pflanzen und der Evolution von Bäumen und Wäldern vollzog sich ein weiterer Schritt in der Entwicklung der Erdatmosphäre. Landpflanzen bilden auch die Voraussetzung für die Besiedlung des Festlandes durch Tiere und die Evolution neuer Formen an Land. Schließlich wurde auch der Luftraum erobert, zunächst von den Insekten, später von Wirbeltieren.

B.1. Evolution und Prozesse an Land		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
B.1.1 Gebirge		
B.1.1.1 Verwitterung, Erosion, Transport und Ablagerung; Diagenese	Gesteine sind nicht ewig, sie werden „zerstört“ und umgewandelt: 1. Durch chemische Prozesse: Lösung, Mineralneubildung, z.B. Tonminerale. 2. Biologische Prozesse (Wurzeln, Bodenbildung) 3. Physikalische Prozesse: Kluftbildung durch Tektonik, daran ansetzend die Frostsprengung Lockermaterial wird transportiert durch Gravitation, Gletschereis, Wind, Flusswasser und in den Geländesenken abgelagert. Ablagerung erfolgt mechanisch, wenn die Transportenergie nachlässt, chemisch durch Ausfällung, biologisch durch „Abregnen“ von organisch gebildeten Partikeln (z.B. Schalen, Skeletteile, Bitumen)	Verwitterte Grabsteine; Statuen und Gebäudeteile Lösungsstrukturen bei Kalkstein (Karren etc.); Lösungsstrukturen durch Wurzeln; Bodenprofile; Frostsprengung an Kieselstein aus Island; Windkanter, Vergrüster Granit; Bilder von Wollsackverwitterung
B.1.2 Wüsten und Halbwüsten		
B.1.2.1 Trockene, heiße Wüsten	In Wüsten ist der Wind eine erosive Kraft. Die bei starkem Wind mitgeführte Staub- und Sandfracht präpariert Härteunterschiede von Gesteinen heraus; Der Vegetationsmangel lässt die geologischen Strukturen des Untergrundes sichtbar werden. Nur rund 10% der Wüstenlandschaften werden von Sanddünen geprägt: Sand lagert sich beispielsweise in Senken ab. Die Struktur von Dünen ist u.a. abhängig von der Sandmenge und der Windrichtung.	Eindrucksvolles großes Landschaftsfoto, dazu Gesteine mit Erosionsstrukturen aus Kaiser-Sammlung (Namibia); große Konkretion mit Erosionsstruktur; Sandrose Sandsteine aus Wüsten; fossile Rippelmarken; Buntsandstein (inkl. Saurierfährten) Sandproben unter dem Mikroskop (äolische und aquatische Sande > unterschiedliche Oberflächenstruktur Wüstenlandschaften und Aufschlüsse mit der VR-Brille betrachten (knappe, vertiefende Informationen zu geologischen Strukturen anbieten)
B.1.3 Gletscher und Polkappen		
B.1.3.1 Klima vs. Wetter	Klima ist das Durchschnittswetter von 30 Jahren (Definition); Wenn sich das Klima wandelt, hat das auch Einfluss auf das Wetter: Klima und Wetter bedingen sich gegenseitig. Auch aus geologischer Vergangenheit gibt es Zeugen für Wetterphänomene. Gesteinsabfolgen zeigen Klimaentwicklungen in einer größeren Zeitskala: Sedimentgesteine sind Klimaarchive. (atypische	Life-Feed aus Wetterstation der LMU-Meteorologen (wenn vorhanden, vor Ort): tägliche Schwankungen (Wetter) vs. Mittelwert über die vergangenen 30 Jahre (Klima) bis zu Beginn der Wetteraufzeichnung Exponate „Fossiles Wetter“: Fulgurit, fossile Regentropfen, Windkanter, Trockenrisse, Jahresringe in fossilen Bäumen; Sedimentgesteine, die kalt/warm-Rhythmus zeigen bzw. feucht/trocken

B.1. Evolution und Prozesse an Land		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
	Ereignisse machen die größten Sedimentmengen)	
B.1.3.2 Motor der Eiszeiten; Astronomische Faktoren: Milanković-Zyklen	Schwankungen der Erdumlaufbahn und Taumelbewegungen der Erdachse verursachen ein komplexes Bewegungsmuster der Erde im Sonnensystem. Die einzelnen Bewegungen überlagern sich. So ändert sich die Sonneneinstrahlung im Laufe von Jahrhunderttausenden. Dies führt zu einem rhythmischen Klima-Signal.	Animierte Graphiken Rhythmite (z.B. Loferite im Dachsteinkalk, Warventone); Paraische Kohlen; Evt. auch Landschafts- bzw. Aufschlussfotos dazu (z.B. Zumaia)
B.1.3 Gletscher und Polkappen		
B.1.3.3 Treibhauseffekt; Ozeanströmungen; Albedo	Darüber hinaus wird das Klima beeinflusst von erdgebundenen Faktoren: Kohlenstoffkreislauf, Kontinentkonfiguration (d.h. Ozeanströmungen), Albedo	Hands-on zu Treibhauseffekt (Cookbook?) Physikalisches Experiment zur Albedo
B.1.3.4 Eiszeiten	Eiszeiten-Zeitalter heißt vereiste Pole. In der Erdgeschichte gab es immer wieder Eiszeiten-Zeitalter; aber auch Phasen verstärkten Treibhauseffekts ohne Eiskappen an den Polen. Wir leben in einem Eiszeiten-Zeitalter (mit kälteren und wärmeren Perioden; rhythmisch wegen Milanković-Zyklen, s.o.).	Animation zu steuernden und auslösenden Faktoren von Eiszeiten; Tillite, Warven, Dropstones, Frostsprengung, gekritzte Geschiebe, Gletscherschliff, Findlinge aus verschiedenen Eiszeitaltern; Pollendiagramm und vergrößerte Pollen-Modelle? Eiszeitfauna (Mammut, Wollnashorn, Riesenhirsch, Höhlenbär, Säbelzahnkatze etc.); Spiel zur Eiszeitfauna? Animation zu steuernden und auslösenden Faktoren von Eiszeiten Gletschermonitoring (inkl. Remote Sensing); früher/heute-Vergleichsbilder von Gletschern; Gletschermodell
B.1.3.5 Gletscher	Erklären, wie Gletscher entstehen; Eis fließt; Gletscher als erosive Kraft; Landschaftsformen durch Gletscher Übertiefung von Tälern durch Gletscher: Bildung von Seen; Bedeutung von Gletschern für die Wasserführung in Flüssen und die Trinkwasserversorgung	Gletschermodell (siehe B.1.3.4) Kommentierter Bilderbogen (Fokus auf Alpen, Alpenvorland und Island): Gletschermorphologien, U-Täler, Moränenlandschaften, Sander (Münchener Schotterebene), Flussterrassen, Drumlins, Toteislöcher, Seen durch Gletscherübertiefung (Starnberger See, Ammersee, Osterseen etc.); Lösslandschaften, Strukturböden Virtuelle Landschaften und virtuelle Aufschlüsse mit der VR-Brille betrachten

B.1. Evolution und Prozesse an Land		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
B.1.3.6 Gletscher und Polkappen als Südwasserspeicher	Gletscher und vereiste Polkappen sind wichtige Süßwasserspeicher. Kühlt sich das Klima ab, wachsen sie, wird es wärmer, so schrumpfen sie, d.h. sie schmelzen. Ihr Vorhandensein oder Abschmelzen beeinflussen den Meeresspiegel mit unmittelbaren Auswirkungen auf die Küstenstädte.	Gletschermonitoring (inkl. Remote Sensing); früher/heute-Vergleichsbilder von Gletschern; Monitoring von Meeresspiegel; Hands-on zum Meeresspiegel: was beeinflusst diesen auf welchen und Zeit- und Raumskalen (globale vs. lokale Transgression/Regression, Sinken und Heben von Land, Volumen der Ozeanbecken durch Mittelozeanische Rücken oder Plumes, Gletscher und Polkappen, etc.)
B.1.3.7 Permafrost	Tauender Permafrost (Tundra) setzt große Mengen des Treibhausgases Methan frei. Permafrost hält das Hochgebirge zusammen. Verschwindet Permafrost in den Hochgebirgen, kommt es vermehrt zu Felsstürzen und Hangrutschungen.	Lackprofile von Eiskeilen Großfotos von Strukturböden Filmaufnahmen von Bergstürzen/Hangrutsche/Muren ²
B.1.3 Gletscher und Polkappen		
B.1.3.8 Methodik: Modellierung geochemischer Tracer, Zyklostratigraphie	Sedimentgesteine sind Klimaarchive: Das Signal äußert sich nicht nur makroskopisch durch (rhythmische) Gesteinsabfolgen, sondern auch geochemisch: bestimmte Spurenelemente, Isotope	Film über Probennahme, Analyse im Labor, O-Ton Wissenschaftler zu Sauerstoffisotopie zur Temperaturmessung in der Erdgeschichte Hg-Signal für Large Igneous Provinces > CO ₂ -Freisetzung
B.1.4 Flüsse und Seen		
B.1.4.1 Wasserkreislauf (Sonne als Motor), Grundwasser	Sonne ist der Motor exogener Prozesse, sie liefert die Energie für den Wasserkreislauf; ein längerfristiger Teil des Wasserkreislaufs findet auch in der Geosphäre mit ihren endogenen Kräften statt. Inhalte des Wasserkreislaufs: Vulkanismus (Querbezug zum Magmatismus), Atmosphäre, Niederschläge, Gletscher, Oberflächenwasser, Grundwasser, Tiefenwasser, gesteinsgebundenes Wasser Klimaeinflüsse der Wolkenbedeckung > Luftfeuchtigkeit als Treibhausgas; Erklären, wo sich Grundwasser befindet > keine Wasseradern; Permeabilität und Porosität; Grundwasserbohrungen; Wassermanagement in München; Trinkwasserversorgung in München	Wasserkreislauf als Murrenbahn (siehe Te Papa Naturkundemuseum in Wellington); mehr Komplexität über digitale Anwendung oder Film? Graphik: wie lange hält sich ein Wassertropfen wo auf? „Wasserspielplatz“ im Außenbereich 3D-Darstellung mit Grundwasserstockwerken unter München (TUM) als Grundlage für Bauplanung in München Grundwasserbrunnen auf dem Freigelände Gesteine mit Klüften Lockersedimente mit Porenraum Beispiele für Kristallwasser (Minerale) Wasser als Bestandteil von Gesteinen (Bergfeuchte, Porenwasser) Mineralwässer, Tafelwässer, Heilwässer

² Monitoring von Hangbewegungen siehe Themencluster „Geohazards“ im GeoSystem „Der Mensch im System Erde“.

B.1. Evolution und Prozesse an Land		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
		Physikalische Experimente zu Permeabilität und Porosität Lithographiestein: hochporös aber impermeabel Wasserausstellung Museum Mensch und Natur Interaktive Karte Einzugsgebiete
B.1.4.2 Transportmedium Wasser und Ablagerungsräume	Verfolgung eines realen Flusssystems von den Quellen bis zur Mündung (Isar u.a. Flüsse nördlich von München/Donau?): Quellen Erosion im Oberlauf (V-Täler), Sedimentation im Unterlauf; Änderung des Gefälles und der Sedimentfracht; Reifung eines Flusssediments (Korngröße, Rundung, Sortierung); Oberbayerische Seen; Seen als meist kurzlebige geologische Phänomene (Verlandung und Moorbildung > Moore als CO ₂ -Senken) Flusslandschaften (Gebirgsfluss, Braided Streams, Mäander, Auen, Altwasser, Kiesbänke etc.) Deltas vs. Ästuar	Landschaftsmodell (evt. digital) vom Hangschutt im Gebirge über Gletscher, Flüsse bis zum Seeton in den oberbayerischen Seen: zunehmende Rundung, Sortierung, Kornverkleinerung, etc. Lockersedimente zum Landschaftsmodell; Landschaftsfotos und 3D-Visualisierungen der Landschaft von der Quelle bis zum Meer; rezente Landschaften und Gesteinszeugnisse fossiler Landschaften (wo möglich Beispiele aus Bayern); Gesteine dazu (Kieselsteine, Nagelfluh, Torf, fluviatile Sande etc.) Hands-on zur Frage, wie Seen entstehen (durch Gletscher, Dämme, Kraterseen, tektonische Senken, Baggersee)
B.1.4.3 Methodik: Sedimentologie (Liefergebietsanalysen), Beckenanalyse, Hydrogeologie	Liefergebietsanalysen aufgrund von Schwermineralen; Leitgerölle u.a. Partikel (Fossilien etc.) Tracer-Versuche zeigen, wie sich Wasser ausbreitet, wo es entlang fließt; Pumpversuche zur Permeabilität	Karten; Sedimentproben verschiedene Sandproben (unter Mikroskop?) Sandsteine aus Bayern

B.1. Evolution und Prozesse an Land		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
B.1.5 Wälder und feuchte Landschaften		
B.1.5.1 Gefäßpflanzen und Lebensform Bäume – Landgang der Pflanzen ³	Landgang Pflanzen (Mittel- Ordovizium): Grünalgen (in teils ausgetrockneten Habitaten), Moose, „Nichtgefäßpflanzen“, Gefäßpflanzen Entwicklung der Gefäßpflanzen (ab Silur), Entwicklung der Bäume (ab Oberdevon; Gymnospermen, später auch Angiospermen) Koevolution von Pflanzen und Insekten Fossilisation von Pflanzen (Inkohlung; Strukturhaltung durch Silifizierung)	Ausgewählte Pflanzenfossilien (Cooksonia, Psilophyten; polierte Scheiben aus Dernbach-Slg.; Pflanzen aus der Kohle; Holz, Blätter, Farnwedel, Zapfen etc.) ⁴ Fossile Insekten (Karbonate Riesenlibellen, Solnhofen, Messel, Bernstein) Interaktive Medienstation zur Fossilisation von Pflanzen
B.1.5.2 Landgang der Tiere	Generelle Voraussetzungen für das Leben an Land (Ozonschicht, Sauerstoffgehalt d. Atmosphäre etc.), Landgang Tiere (Oberdevon): Erste Amphibien (Zwang zur Luftatmung in stagnanten Flachwasserbereichen); Entstehung der Amniota (eierlegende Wirbeltiere)	Ausgewählte Fossilien: Arthropoden: z.B. Asseln, Spinnen, Skorpione etc. Wirbeltiere: z.B. fossile Lungenfische, Quastenflosser, Eusthenopteron, Tiktaalik, Ichthyostega, Mastodonsaurier, Sclerocephalus, frühes Reptil Dinosauriereier z.B. Seekuh als umgekehrter Fall? (Konvergenz)
B.1.5.3 Säugetierevolution	Wie entstanden und entwickelten sich die Säugetiere? Informationen zur Fellentwicklung, Säugetierkiefer, heterodontes Gebiss, geschlossenes Gaumendach (.d.h. Saugen möglich) Diversifizierung der Synapsida; Entstehung und frühe Radiation der Therapsida; Mesozoische Säugetiere, Marsupialia, Placentalia	Ausgewählte Fossilien: (Cynognathus, Dicynodon, Lystrosaurus, Morganucodon, moderner Carnivore, etc.); Medienstation zur Säugetierevolution
B.1.5.4 Vogelevolution	Vögel sind befiederte Dinosaurier; Entwicklung der typischen Skelettmerkmale; der bayerische Urvogel, Entstehung des Vogelflugs; Flugsaurier im Vergleich (als alternativer Weg zum Flug)	Archaeopteryx (7. und/oder 13. als Abguss), Compsognathus (Abguss), Confuciusornis (3D- Druck); weitere Urvögel (BSPG?); Stammbaum Saurierevolution; fossile Federn; Medienstation zur Vogelevolution (JME) Flugsaurier: Rhamphorhynchus, Pterodactylus (beide Solnhofener Plattenkalke); Pteranodon

³ Dieser Ausstellungsbereich ist für den Flur zwischen Foyer und Innenhof vorgesehen. Gedacht ist an flache Wandinstallationen zur Paläobotanik, Koevolution von Pflanzen und Insekten, Biomechanik und Evolution von Bäumen sowie Fossilisation von Pflanzen und Insekten. Der genannte Flur wird voraussichtlich viel öffentlich genutzt werden, da er die natürliche Verbindung vom Neubau zum historischen Hörsaalgebäude darstellt. Im Innenhof wird es u.a. eine Bepflanzung nach paläobotanischen Gesichtspunkten geben. Darüber hinaus sind im Innenhof Gesteinsblöcke, der Container mit dem Erdbbensimulator und ein wetterfester Abguss des Ur-Elefanten *Gomphotherium* vorgesehen.

⁴ Der Stamm der fossilen Wasserfichte *Glyptostrobus* aus dem Innenhof der Richard-Wagner-Straße passt thematisch gut, dürfte jedoch zu hoch sein?

Evolution und Prozesse an *Land*

Dynamiken über Jahr­millionen sichtbar machen

Objekte in Kontext setzen

Key Objekte

- Fossile Bäume/Baumscheiben
- Windschliff
- Virtuelle Aufschlüsse
- Dinosaurier-Installation (Foyer)

Regionaler Bezug

- Archaeopteryx

In (vergangene) geologische Landschaften eintauchen

GeoSystem „Evolution und Prozesse im Meer“

Ozeane sind die Wiege des Lebens und puffern als riesige Kohlenstoffspeicher das globale Klimasystem. Küstennahe Meeresregionen sind der größte Sedimentationsraum der Erde und bewahren als Geo- und Klimaarchiv Millionen Jahre Erdgeschichte.



Zusammenfassung „Evolution und Prozesse im Meer“

Ozeane bedecken heute rund 70 % der Erdoberfläche. Ihre Entstehung und Entwicklung ist Folge der Plattentektonik und damit der Dynamik im Erdinneren. Ozeane sind die Wiege allen Lebens. Sie puffern als riesige Kohlenstoffspeicher das globale Klimasystem. Meeresströmungen transportieren global Stoffe und Wärmeenergie. Die An- oder Abwesenheit von Meereis beeinflusst über die Albedo das Klimasystem.

Küstennahe Meeresregionen sind der größte Sedimentationsraum der Erde und daher ein wichtiges Geoarchiv. Es dokumentiert lineare Prozesse wie die zeitliche Entwicklung von Ablagerungsräumen und Ökosystemen sowie die Evolution des Lebens. Es dokumentiert aber auch zyklische Veränderungen, Stoffkreisläufe und geologische Events, darunter auch Massenaussterbeereignisse. Die Erforschung dieser Prozesse hilft, das aktuelle Klimasystem zu verstehen, Klimamodelle zu prüfen und realistische Szenarien für unsere Zukunft angesichts des anthropogenen Klimawandels zu entwickeln.

Karbonatplattformen und Riffe sind komplexe Lebensräume, die über die Jahrmillionen der Evolution von ganz unterschiedlichen Lebewesen aufgebaut und besiedelt wurden. Die Größe und Art des „Riff-Fensters“ ermisst sich aus dem Zusammenspiel von Lebewesen und Umweltfaktoren.

Karbonatplattformen und karbonatabscheidende Organismen sind wichtige CO₂-Senken im Klimasystem. Umweltverschmutzung, Hitzestress und Ozeanversauerung gefährden diesen wichtigen Teil des Kohlenstoffkreislaufs und damit das Leben und die Biodiversität in den Weltmeeren.

B.2. Evolution und Prozesse im Meer		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
B.2.1 Küsten und Ozeane		
B.2.1.1 Ozeanographie	Gliederung der Meeresbecken: Flachwasser/Watt/Lebensgemeinschaften; kontinentale Schelfe; Kontinentalhang; Mittelozeanische Rücken; Tiefsee; Tiefseerinnen; Binnenmeere; Meeresströmungen transportieren global Stoffe und Wärmeenergie	Reliefkarte? (evt. historische Karten von Heezen & Tharp, sofern noch erhalten); Projektion von Ozeanströmungen (siehe auch A.2.1); auch in die Vergangenheit extrapoliert (Modellierungen) Flachwassersedimente (u.a. Gezeitenrhythmite) Exponate zu Gashydraten? Flysch als Gestein des Kontinentalhangs („Turbidit-Bank“) Tiefseersedimente: Radiolarite, Tiefsee-Spurenfossilien, Manganknollen; Ruhpoldinger Marmor (CCD) Exponate aus der Meeresmolasse, marine alpine Trias
B.2.1.2 Marine Gesteine und Fossilien als Klima- und Umweltindikatoren	Möglichkeit der Rekonstruktion von Paläoumwelten anhand von Gesteinen, Fossilien sowie durch Sauerstoffisotopie (Paläotemperaturbestimmung) Meeresbedingungen, die es heute nichtmehr (nur eingeschränkt) gibt (euxinische Meeresbecken).	Faziesfossilien (Kalkalgen, Radiolarien, Coccolithophoriden etc.); Glendonit; Evaporite etc. Mikroskopierstation für Mikrofossilien; Sauerstoffisotopie z.B. an Belemniten (oder Tridacna); marine Großfossilien aus Ölschiefern/abgeschlossene Becken: Meereskrokodil-Platte; zwei Ichthyosaurier (<i>Eurhinosaurus longirostris</i> ; <i>Stenopterygius</i>)
B.2.1.3 Entstehung des Lebens; Prozess Evolution; Tree of Life	Wie entstand das Leben? Verschiedene Modelle/Hypothesen (z.B. Black Smoker); Evolution allgemein verstehen	Meteorit (Origins of Life, LMU) Black Smoker/White Smoker; dazu Experimente AG Orsi; Stammbaum (vgl. Projektion im Muse/Turin)
B.2.1.4 Vom frühen Leben zur Kambrischen Explosion	Wie sah frühes Leben aus (u.a. Bakterien, erste Eukaryota (Acritarchen), Ediacara-Fauna) und wie entfaltet es sich im Laufe des Kambriums (Beispiele: Chengjiang, Burgess Shale)?	Ausgewählte Fossilien (präkambrische Stromatolithe, Ediacara, Burgess-Shale, Chengjiang)
B.2.1.5 Ursachen/Mechanismen von Aussterbeereignissen ⁵	Mannigfaltige Gründe/Prozesse, die zu Massenaussterben führen; oft eine Kombination aus verschiedenen Faktoren; Globale Abkühlung, Marine Regression, Marine Anoxia, Vulkanismus (LIPs), Impaktereignisse; Geo-Bio-Wechselwirkungen (Mikroben);	Exponate, die für einen bestimmten Prozess stehen: Flutbasalt, Meteorit, Iridium-Anomalie Exponate, die für ausgestorbene Gruppen stehen: z.B. Trilobiten, paläozoische Korallen, große

⁵ Dies ist ein allgemeines Thema. Es steht hier nur, weil das konkrete Beispiel marin ist. Frage der Platzierung? Als Einschub?

B.2. Evolution und Prozesse im Meer		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
	der Mensch (keine detaillierte chronologische Auflistung der Big 5(6), sondern Fokus allgemein auf Prozesse, die zu Massenaussterben führen: verstehen, warum so etwas passiert)	Ammonitenstufe, Inoceramen, eingeschwemmte Hadrosaurierpfote, (Triceratops-Schädel?), etc. Hands-on Parameter verstellen: sehen, was das für Folgen hat
B.2.2 Riffe und Karbonatplattformen		
B.2.2.1 Riffe als Ökosysteme	Riffe = „Regenwälder der Meere“, Hotspots der Biodiversität; diverse Wechselwirkungen zwischen Riffbildnern und Riffbewohnern (Symbiosen etc.); Tiefwasserkorallenriffe	Kleines Aquarium? Klein-Dioramen oder Modelle zu Riffen im Laufe der Erdgeschichte Filme zu Wechselwirkungen Riffbildner/Riffbewohner
B.2.2.1 Riffe in der Erdgeschichte: Evolution und Steuerungsfaktoren	Wandel der Riffbildnergemeinschaften im Laufe der Zeit, evolutiver Wandel vs. Abiotische Fluktuationen (Klima, Meeresspiegel, Habitatverfügbarkeit, Meerwasserchemismus); Lebenszyklus eines Riffes; Riffenster (am Vergleich Jura vs. rezent)	Fossilien aus exemplarischen Blütezeiten der Riffentwicklung (Silur/Devon, Oberhät-Riffkalke, Oberjura - Solnhofener Plattenkalke und Treuchtlinger Marmor, ...) Riffbauer/Riffbewohner/Riffzehrer Bayernbezug: vgl. Jurariff mit heute; „Jurassic Reef Park“ updaten (siehe JME), d.h. diverse Riffformen
B.2.2.2 Riffe heute (Gefährdung, Klimawandel, Ozeanversauerung, CO ₂ -Puffer)	Bedeutung von Riffen heute (Küstenschutz, Welternährung, Biodiversität), Gefährdung von Riffen heute (Meerwassertemperaturanstieg, Ozeanversauerung, Eutrophierung, Sedimentation, Tourismus) Zukünftige Entwicklung von Riffen ...	Fotos (vgl. Gasometer Oberhausen) Modelle gesundes vs. gebleichtes Riff Beschlagnahme „Souvenirs/Organismen“ (ZSM)
B.2.2.3 Methodik: Sklerochronologie, Faziesanalyse, experimentelle Paläobiologie	Wissenschaftliche Untersuchungsmethoden kennenlernen	Grafiken/Karten der Ozeanversauerung und des Temperaturanstiegs über die letzten Jahrzehnte, Säureexperimente an Korallen u.a. Rifforganismen (Kalkalgen) (AG Wörheide) Mikroskopierstation: gestörtes Schalenwachstum bei Mikroorganismen (rezent und K/T-Grenze) Diverse Dünnschliffe zur Faziesanalyse zum selber mikroskopieren und analysieren (Aufgaben erteilen/Quiz?); oder einem Fachwiss. beim Mikroskopieren über die Schulter schauen
B.2.2.4 Methodik: Taxonomie und Phylogenie, Geo-Mikrobiologie,	Was ist eine Art? Artbeschreibung, phylogenetische Methoden (Kladistik) Vergleich von Morphologie, Beschreibung von Merkmalen	Interaktiver Bestimmungsschlüssel (z.B. mit Fischen der Solnhofener Plattenkalke; vgl. entsprechende Publikation von Martin Ebert);

B.2. Evolution und Prozesse im Meer		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/Botschaft	Exponat/Installation
Funktionsmorphologie ⁶		funktionsmorphologische Analyse der Fische

Mood-Board „Evolution und Prozesse im Meer“

Evolution und Prozesse im **Meer**



Einzigartige Exponate erkunden




Eintauchen in Unterwasserwelt



Experimente AG Orsi, LMU

Key Objekte

- Schwarzer Raucher

Regionaler Bezug

- Jurariff
- Fossilien der Solnhofener Plattenkalke



⁶ Dies ist ein allgemeines Thema. Es steht hier nur, weil das konkrete Beispiel marin ist. Frage der Platzierung? Als Einschub?

GeoSystem „Im Erdinneren – der dynamische Planet“

Die Erde ist ein dynamischer Planet. Seit 4,6 Milliarden Jahren knüpfen Entwicklungsprozesse und Stoffkreisläufe eine enge Verbindung zwischen dem Erdinneren, der Oberfläche und der Atmosphäre.



Zusammenfassung „Im Erdinneren – der dynamische Planet“

Die Erde ist ein vor 4,6 Milliarden Jahren entstandener dynamischer Planet. Kreislaufprozesse wie der Gesteinskreislauf oder der Kohlenstoffkreislauf verbinden die Tiefen der Erde mit ihrer Oberfläche und prägen das Leben auf unserem Planeten.

Bewegungen im Erdinneren beeinflussen über die Plattentektonik und über Mantel-Plumes die Oberfläche. Subduktionszonen führen Oberflächenmaterial in die Tiefe. Das Magnetfeld der Erde ermöglicht und schützt das Leben auf unserem Planeten. Vulkane, Erdbeben und Gebirge sind Ausdruck der Dynamik im Innern der Erde. Gebirge als Landschaften entstehen durch das Wechselspiel von Plattentektonik und Erosion; sie spielen ebenso wie der Vulkanismus eine zentrale Rolle im globalen Klima – und damit auch Ökosystem.

Verwitterung von Silikaten bindet große Mengen an CO₂ aus der Erdatmosphäre. Über Vulkanismus, insbesondere die großen Flutbasalte, können große Mengen an CO₂ aus dem Erdmantel entgasen oder auch Methan durch Kontaktmetamorphose aus Sedimentgesteinen freigesetzt werden.

B.3. Zweiter Teil des GeoSystems: „Das Erdinnere – der dynamische Planet“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
B.3.1 Entstehung von Planeten		
B.3.1.1 Entstehung der Elemente in der Frühphase des Universums und Fraktionierung im Sonnensystem	Kurz nach Urknall nur leichte Elemente vorhanden > Wasserstoff, Helium, +/- Lithium; Schwerere Atome entstanden erst im Lauf von Jahrmilliarden durch Fusionsprozesse in Sternen und gewaltige Explosionen im Weltall; Entstehung des Sonnensystems und damit auch der Erde (Akkretionshypothese)	Bild von einem Überrest einer Supernova; Modell des Sonnensystems
B.3.1.2 Impakte, Mondentstehung	Im Laufe der Geschichte des Sonnensystems ständige Impakte von unterschiedlichen Körpern; in bestimmten Zeiträumen intensive Bombardierung; Gängigste Theorie zur Mondentstehung: durch Impaktereignis (Theia); Durch fehlende Erosion auf den Mond bleiben Impakte dort im Vergleich zur Erde besser erhalten; In Nördlingen ist durch ein Impaktereignis vor ca. 14 Ma einer der besterhaltenden Meteoritenkrater entstanden (Bezug zum Rieskratermuseum).	Fiktive Diskussion zu unterschiedlichen Theorien der Mondentstehung; Impaktgesteine (Shatter Cones, Suevit, Tektite); Mikroskop mit Dünnschliff zu den Ultrahochdruck- Mineralen (Coesit, Stishovit, Diamant) und Hochtemperatur-Mineralien (Cristobalit); Modell zur Geologie des Mondes (u.a. Körper unseres Planetensystems im Vgl. zur Erde)
B.3.1.3 Minerale als Grundbausteine	Definition: Unterschied Kristalle, Minerale, Gesteine Wichtigste/häufigste gesteinsbildende Minerale: z.B. Silikate, Karbonate, Oxide	Natürlicher Quarz, SiO ₂ -Glas (Obsidian), Quarzit Gesteinsbildende Minerale (idealerweise ästhetisch): Quarz, Plagioklas, Kalifeldspat, Biotit, Muskovit, Calcit, Hornblende, Olivin, Pyroxen, Granat Zuordnung Elemente > Minerale
B.3.1.4 Aufbau und Eigenschaften (Struktur und Chemismus) von Kristallen	Ein Kristall ist ein homogener Körper mit einer dreidimensionalen periodischen Anordnung der Kristallbausteine (Atome, Ionen, Moleküle); Unterschied zwischen Ein- und Polykristallen; Innerer Aufbau gibt äußere Struktur bei idealen Wachstumsbedingungen wieder; Alle Kristalle lassen sich in sieben Kristallsysteme einordnen; An einem Kristall wachsen verschiedene Formen mit unterschiedlichen Wachstumsgeschwindigkeiten und Wachstumsstadien; die am langsamsten wachsenden Flächen bestimmen die Morphologie. Bis auf kubische Kristalle sind alle anisotrop > Eigenschaften (Wärmeleitfähigkeit, Härte, Lichtausbreitung) sind richtungsabhängig	Großobjekte: Bergkristall, Kristallmodell mit passendem Mineral (z.B. Fluorit) Symmetrioperationen anhand von einem Objekt z.Bsp. Würfel in drei verschiedenen Richtungen aufstellen (2,3,4-zählig); einrasten bei entsprechender Symmetrie Darstellung Hexaeder und Oktaeder Kristallzüchtungsexperiment (Alaun) Experiment mit Quarz (Anisotropie: Wärmeleitfähigkeit) Varietäten: „Quarzfamilie (Amethyst, Rauchquarz, ...); Korund (Rubin, verschiedenfarbige

B.3. Zweiter Teil des GeoSystems: „Das Erdinnere – der dynamische Planet“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
	Große Varietät an Farben in Mineralen/Kristallen > Farbursachen	Saphire); Farbige Salze (Kochsalz) Ggf. Pigmente Fluoreszierende Minerale
B.3.1 Entstehung von Planeten		
B.3.1.5 Historische und aktuelle Methodik	Innerer Aufbau durch Röntgenanalytik und anderen Analysemethoden Unterschiedliche Methoden (Pulverröntgenanalytik, Raman-Spektroskopie, EMPA, SEM) liefern Informationen zu Struktur und Chemismus der Kristalle/Minerale	Historisches Laue-Gerät ausstellen und (wenn vorhanden) erstes Mineral/Objekt Medienstation mit Fotos (Probenaufbereitung > Ergebnis): von Objekt, Pulver, Diffraktogramm der Probe, Vergleichs-Diffraktogramm aus der Datenbank (ggf. als Comic darstellen), Forschung im Haus (SNSB, LMU)
B.3.2 Tiefe Geosphäre		
B.3.2.1 Energiehaushalt der Erde (Radioaktivität, Ausfrieren)	Energiehaushalt/Wärmequellen der Erde basiert etwa je hälftig auf dem radioaktiven Zerfall und noch vorhandener Ursprungswärme bei der Erdentstehung; Kristallisationswärme	Filmsequenz mit Experiment zur Kristallisationswärme
B.3.2.2 Konvektion im Erdmantel Konvektion als Ursache von Plattenbewegungen	Umwälzungen im Erdinnern aufgrund der Temperatur- und Dichteunterschiede des Materials/Gesteins.	Exponat zu Konvektionszellen (z.B. Lavalampe)
B.3.2.3 Plumes, Hot Spots, Uplift	Ein Plume bezeichnet großräumige, heiße aufsteigende Konvektionsbereiche im Erdmantel; Hot Spot ist an der Oberfläche sichtbare Manifestation eines Plumes; Aufstieg von heißem (leichten) Material im Innern > drückt die darüber liegende Lithosphäre nach oben (Uplift); Etwa 50 Plumes (z. B. Island oder Afar-Plume) sind bekannt; Beispiele für Hot Spots: Hawaii, Kanaren und Azoren; Beobachtungen von Uplift (GPS, Neigungsmessung, Meeresspiegelschwankungen, Diskordanzen, etc.)	Weltkarte oder 3D-Modell Emperor-Hawaii-Kette; 3D-Visualisierungen: Modell zu Mantelaufbau und Mantelkonvektion (Bunge)
B.3.2.4 Methodik: Zusammenspiel von geophysikalischen Methoden, Modellierung, Geländearbeit, Geochemie	Vom Weltraum zur Messstation am Boden und ins Labor: Gravimetrische Messsysteme im Weltraum > aufsteigende und absinkende Mantelkonvektion wird „sichtbar“ Seismische Stationen zeigen Veränderungen der Wellenausbreitung Gesteinsanalysen zeigen die „Wanderung“ von Gesteinen durch den Erdmantel (Experimentelle Petrologie)	Modell Grace/Goce; Satellitenmodell

B.3. Zweiter Teil des GeoSystems: „Das Erdinnere – der dynamische Planet“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
	Computermodele, die mit diesen Beobachtungen gefüttert werden, können die Mantelkonvektion modellieren und erklären	
B.3.2 Tiefe Geosphäre		
B.3.2.5 Erdmagnetfeld	<p>Magnetfeld durch die Konvektion im äußeren flüssigen Erdkern um den eisenreichen inneren festen Erdkern > GeoDynamo</p> <p>Tiefe Elektromagnetische Beobachtungen (Magneto-Tellurik) hilft zudem, Strukturen im Erdinnern zu entdecken.</p> <p>Magnetfeldumpolungen durch die Richtungsänderung der Konvektionsströme im äußeren Erdkern; finden circa alle 700.000 Jahre statt; eine Umpolung dauert 100te Jahre. Stärke nimmt bei Umpolung ab</p> <p>Gesteine/Minerale speichern Magnetfeld zur Zeit ihrer Entstehung (Paläomagnetismus).</p> <p>Magnetfeldumpolung verursacht magnetisches Streifenmuster spiegelsymmetrisch zum Mittelozeanischen Rücken</p> <p>Magnetfeld: Schutzwirkung für das Leben</p> <p>Was passiert, wenn das Magnetfeld umgepolt wird?</p>	<p>Hands-on > Elektrodynamo, Lorenzkraft ></p> <p>Versuchsaufbau mit Induktionsspule und Umkehrung des Magnetfeldes durch Änderung Stromrichtung; Darstellung</p> <p>Magnetfeldumpolung > aneinander gereihte magnetische Gesteine (Streifenmuster) und Kompass, der darüber „gefahren“ werden kann; Videos von Stuart Gilder mit magnetotaktischen Bakterien; Video von Polarlichtern; Film über Paläomagnetik-Probennahme, Analyse im Labor, O-Ton</p> <p>Wissenschaftler</p>
B.3.3 Vulkane und Erdbeben		
B.3.3.1 Lithosphäre in Platten unterteilt, die sich relativ zueinander bewegen; Mittelozeanische Rücken, Subduktionszonen und Transformstörungen	<p>Positionen von Erdbeben/Vulkanen sind nicht zufällig verteilt. Aktive Zonen sind Plattengrenzen</p> <p>Lithosphärenplatten bestehen aus Erdkruste und Teil Oberer Erdmantel; bewegen sich relativ zueinander angetrieben von Konvektionsbewegungen</p> <p>Auseinanderdriftende Plattengrenzen (Mittelozeanische Rücken) > Bildung neuer ozeanischer Kruste; Subduktionszonen > Verschwinden von Lithosphäre im Erdmantel</p> <p>Prozesse, die bei Subduktion passieren > Metamorphose durch Druckzunahme, Instabilisierung OH-haltiger Minerale > Erniedrigung Schmelztemperatur > Bildung von Schmelzen</p> <p>Zusammenfassend (verantwortlich für Vulkanismus, Gebirge, Erdbeben): Konvergente, divergente und horizontal aneinander vorbei gleitende Platten</p>	<p>Animation der seit den 1960er Jahren aktiven Vulkane und Erdbeben > Stärke 5;</p> <p>Alan Jones – SeismicEruption https://seiscode.iris.washington.edu/users/65</p> <p>Reliefglobus Graphik oder Animation der Prozesse an Plattengrenzen; Landschaftsbilder, Satellitenbilder dieser Großstrukturen; Ultrahochdruck-/Hochdruckgesteine (Eklogit, Blauschiefer); OH-haltige Minerale (Glimmer, Amphibole), die instabil werden</p>
B.3.3.2 Indizien: z.B.Paläo-Geographie/Klima, Superkontinente, Terranes, HotSpot-	In der Vergangenheit hatten die Kontinente andere Lagen: Dies hat auch Einfluss auf das lokale Klima. Es gab auch Zeiten, in denen die Landmassen größtenteils zusammenhingen.	Animation der Plattenbewegungen (Daten von Scotese) inkl. Plattengrenzen, Klimazonen,

B.3. Zweiter Teil des GeoSystems: „Das Erdinnere – der dynamische Planet“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/Botschaft	Exponat/Installation
Spuren, Magnetstreifen, Position von Erdbeben/Vulkanen, Kontinentform, Paläontologie, Klima, Satellitenbeobachtung	Kontinente wachsen, indem Erdkrustenbereiche geringer Dichte (kontinentale Kruste) an bestehende Kontinente angeschweißt werden; Heute können wir Plattenbewegungen direkt mit Satelliten messen.	etc. mit Spinbrowser oder Touchscreen https://youtu.be/UevnAq1MTVA?si=KZxXjYLJALjOdK3U
B.3.3 Vulkane und Erdbeben		
B.3.3.3 Erdbebenprozesse: Verformung von Gesteinen	Prozesse an Plattengrenzen: Gestein verhält sich noch elastisch, baut in der Lithosphäre Spannung auf > Entlastung in Form eines Bruchs Bruch startet an Schwachstelle der Lithosphäre, breitet sich rasch aus > Entstehung einer Bruchfläche (kann bis zu hundert Kilometer lang sein) Moderne Messmethoden können Ausbreitung der Bruchfläche sichtbar machen Aussagen über Aufbau der Spannung sind möglich, aber Zeitpunkt des Bruchs ist nicht vorhersagbar Erdbeben kommen auch in Bezug zum Vulkanismus vor > ebenfalls Entlastungsbrüche im Gestein. Regionaler Bezug: In Deutschland ereignen sich die meisten spürbaren Beben entlang Bruchzonen Europäischer/Afrikanischer Platte entstanden sind (Oberrheingraben, Allgäu). Begriffe: Epizentrum, Hypozentrum, Magnitude, Intensität	Modellierung großer Erdbeben-Prozesse, deformierte Gesteine und Minerale (Claudia Trepmann), Abbildungen oder Film (Erdbeben und ihre Auswirkungen), Erdbebensimulator im Hof
B.3.3.4 Methodik: Mikrotexturen, Satellitenbeobachtung, Seismologie	Beobachtung von Erdbeben: Seismographen, Gravitation, Laser (ROMY) > Messstationen an Land und in Ozeanen Satelliten geben ebenfalls Auskunft über die Prozesse eines Erdbebens > Vorher-Nachher-Aufnahmen	Live-Seismograph; Live-Seismogramme (https://www.erdbeben-in-bayern.de/erdbebendienst/daten-live/seismogramme/) Seismograph; historische und moderne Messgeräte zur Seismologie, Satellitenmodell
B.3.3.5 Vulkanismus an Plattengrenzen und im Intraplattenbereich (auch LIPs)	Ungleichmäßige Verteilung von Vulkanen: entstehen in unterschiedlichen plattentektonischen Situationen > „Ring of Fire“, Rift-Systeme, Mittelozeanische Rücken, Subduktionszonen, Intraplattenvulkanismus, Plumes, Large Igneous Provinces (LIP)	Projektion mit interaktiver Station der Vulkane und ihrer plattentektonischen Position (siehe B.3.3.1) Heranzoomen an ausgewählte Vulkane mit Zusatzinformationen (Bilder, historische Ausbrüche, aktuelle Daten), alternativ eine interaktive Weltkarte mit „Klappen“ (haptisch) Beispiele zum Vulkanismus in D (z.B. Laacher See, Eifelmaare, Kaiserstuhl, Bayern)

B.3. Zweiter Teil des GeoSystems: „Das Erdinnere – der dynamische Planet“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
B.3.3.6 Magmensysteme vom Mantel über Plutone zum Vulkan	Magmatische Prozesse von Vulkanen beginnen tief im Erdinnern, z.T. reichen sie bis an die Kern-Mantelgrenze; Schmelzvorgänge des Mantelgesteins und Assimilation von Nebengestein in Mantel und Erdkruste; Underplating unter der Erdkruste/Intrusionen in die Erdkruste > Entstehung von Gängen, Sills und Magmakammern; Kristallisationsprozesse in Magmenkammern, Bildung von Kummulaten, Greisen, Pegmatiten, hydrothermalen Systemen	3D-Modell eines realen Vulkans inklusive Zufuhrsystem, Magmakammer bis in den Erdmantel hinein; Viele schöne Bilder (evtl. zum Durchblättern auf einem Tablett oder elektronischer Bilderrahmen?); auch großformatiges Panorama eines Vulkans (von hinten beleuchtet); Vulkanite im Vergleich zu Plutoniten und Ganggesteinen (z.B. Pegmatite), Kummulate; ... Variabilität von Vulkaniten (z.B. Basalt, Rhyolith, ...) im Vergleich zu Plutoniten (z.B. Gabbro, Granit, ...) mit der gleichen geochemischen Zusammensetzung; Anzeigerminerale (Leucit, Sanidin, ...)
B.3.3 Vulkane und Erdbeben		
B.3.3.7 Vulkantypen und Ausbruchmechanismen (auch Rolle von volatilen Molekülen und Elementen)	Ausbrüche finden statt, wenn sich Gase und/oder Fluide in der Magmakammer im Laufe der Kristallisation anreichern und das gasreiche (fluidreiche) Restmagma durch frisches, heißes Material aus der Tiefe mobilisiert wird. Form eines Vulkans und Ausbruchsmechanismus abhängig von chemischer Zusammensetzung Schmelze (Zähigkeit > SiO ₂ -Gehalt, Gasgehalt) und Wasser- bzw. Gasgehalt (explosiv: z.B. phreatomagmatische Eruptionen; effusiv z.B. bei hohem Wasserdruck: Pillowlaven)	Animationen und Filmsequenzen zu Ausbruchsmechanismen; 3D-Modelle von unterschiedlichen Vulkantypen; Viskositäten im Experiment: Unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten; vulkanische Produkte plus Minerale und ihre Entstehung: diverse vulkanische Bomben, Lapilli- u.a. Tuffe, Ignimbrit, Schlotbrekzie, Bimsstein, Peles Haare und Tränen, Hydroklastika, Mantelxenolithe, Obsidian, Pillowlava, Basaltsäulen; Oberflächenstrukturen von Laven
B.3.3.8 Heiße Quellen Geysire, etc.; Geothermie	Hitze im Untergrund macht sich bemerkbar, auch wenn kein Ausbruch stattfindet > heiße Quellen, Geysire, Schlammtpöffe, Fumarolen, Solfataren, Mofetten; Nutzung Geothermischer Energie z.B. Island, ...	künstlicher Geysir; Filmsequenzen und Bilderbogen auf Tablett zum Blättern oder Anwählen mit Fumarolen, Solfataren, heißen Quellen, Schlammtpöffen, Geysiren Schwefel, Geysirit Geruchspröbe: Schwefelablagerungen
B.3.3.9	Experimentelle Vulkanologie zum Verständnis von Explosivität und	Blick von oben ins Vulkanlabor ist im Gebäude

B.3. Zweiter Teil des GeoSystems: „Das Erdinnere – der dynamische Planet“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
Methodik: Remote Sensing, Experimentelle Vulkanologie	Fragmentierung fördert unsere Möglichkeiten der Gefahreneinschätzung	vorgesehen (Experimente zur Fragmentierung) Filmsequenzen (Zeitlupe) der Experimente
B.3.4 Rohstoffe⁷		
B.3.4.1 Dynamische Prozesse können chemische Elemente anreichern	Definieren: Was sind Lagerstätten? Dynamische Prozesse können seltene chemische Elemente anreichern > Lagerstätten, auf die Menschen zugreifen Lagerstätten mineralischer Rohstoffe aufgrund geodynamischer Prozesse unterschiedlich auf der Erde verteilt > Plattentektonik	Animationen zu Anreicherungsprozessen; Interaktive Weltkarte: Wo gibt es welche Rohstoffe (und warum > Plattentektonische Situation) Smartphone und seine Rohstoffe (reale Objekte)
B.3.4.2 Wichtige Lagerstättentypen und Genese	Kumulate (Ni, Pt, REE); Granit-gebundene Lagerstätten (Coltan, Zinn); Porphyry-Copper-Erze (Cu, Mo, Au) Lithium-Pegmatite, hydrothermale Lagerstätten (Pb, Zn, Ag), Schwarze Raucher; Sedimentäre Lagerstätten: Evaporite (Li, Salze); Bodenbildung (Bauxit); BIF (Fe); Schwerminerale aus Flüssen (z.B. Gold und Platin in der Isar und anderen deutschen Flüssen); Manganknollen in der Tiefsee	Medieninstallation (beliebig erweiterbar durch aktuelle Themen); Handstücke/Stufen der wichtigen Minerale/Gesteine: z.B. Manganknollen, BIF, etc. Schwarzer Raucher (aufgesägt); Filmsequenz dazu
B.3.5 Gebirge		
B.3.5.1 Plattenkollision und Entstehung von Gebirgen (u.a. am Beispiel der Alpen)	Zeigen von: Gebirgsbildung, Vulkanismus, Metamorphose; Viele Gebirge entstehen im Zusammenhang mit konvergierenden Platten > Subduktion einer Platte und metamorphe Überprägung; andere Platte dringt auf und bildet Gebirge > Faltungsprozesse und ggf. Vulkanismus; Ophiolith-Komplexe > Ozeankruste an Land; Gebirge in der Erdgeschichte; Fokus auf Variszische und Alpidische Gebirgsbildung	Projektion Plattenbewegung (siehe oben) interaktiv auf Alpen „gezoomt“; Modell/Graphik einer Subduktionszone; Satellitenbilder mit Faltegebirgen
B.3.5.2 Decken, Faltung, tektonische Fenster etc.	Fenster: Bereich innerhalb Gesteinspaket > tief erodiert > die unteren Gesteine der Decke werden sichtbar; Tauernfenster, Sardona Fenster, ... Deckenüberschiebungen: Gesteinspakete, die bei den obigen Prozessen überschoben werden > ältere Gesteinspakete liegen über jüngeren; Faltung: Gesteinspakete werden zusammengeschoben und dabei nach	Faltung „Sandmodell mit unterschiedlichen Farben“ inkl. Film Bilder, Animation/Film; Experimente zur Gebirgsbildung Gesteinsproben und Dünnschliffe > Faltung sichtbar machen 3D-Modelle, Scans und VR-Anwendungen

⁷ Dies ist ein übergreifendes Thema. Es steht hier nur, weil die meisten der Beispiele magmatische Lagerstätten sind. Zum Rohstoffkonsum vgl. GeoSystem „Der Mensch im System Erde“.

B.3. Zweiter Teil des GeoSystems: „Das Erdinnere – der dynamische Planet“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/Botschaft	Exponat/Installation
	oben und unten gedrückt und verformt > synklinale Falten vs. „normale“ Falten	
B.3.5.3 Gesteine, die bei der Gebirgsbildung entstehen (Metamorphite etc.)	Durch sich ändernde Druck- und/oder Temperaturbedingungen passt sich der vorherige Mineralbestand an die neuen Bedingungen an und bildet metamorph veränderte Gesteine.	Metamorphe Gesteine inkl. Minerale und Dünnschliffe; PT-Pfad (Modell); Produkt vs. Edukt (Basalt, Gabbro > Amphibolit > Blauschiefer > Eklogit; Granit > Orthogneis); Metamorphe Gesteine und Minerale, z.B. Al_2SiO_5 -Modifikationen; PT-Diagramm (3D-Modell) mit entsprechenden Gesteinen und Mineralen; Typische metamorphe Minerale: Granat, Disthen, Andalusit, Sillimanit, Staurolith, Omphacit, Glaukophan, Phrenit, ...
B.3.5.4 Morphologie Wechselspiel von Hebung und Erosion	Sobald eine Erhebung entsteht, wird sie auch abgetragen > Gebirge wachsen nicht endlos; Während der Eiszeit kommt es zu Gesteinserosion und -transport. Gesteine konnten so aus den Schweizer Alpen ins Isarvorland transportiert werden.	Modelle unterschiedliche Hebungs- und Erosionsprozesse von Alpen (schnell vs. langsam), Zeitraffer Abtragungsschutt der Alpen: Untersberger Marmor, Nagelfluh, Isarkiesel, Findlinge, Molassesedimente

Mood-Board „Das Erdinnere – der dynamische Planet“

Im Erdinneren – der *dynamische* Planet



Dynamik erlebbar machen
3D-Seismik des Erdmantels (AG Bunge, LMU)

Geowissenschaften anschaulich und interaktiv




Key Objekte

- Filmwand: Vulkane in Aktion
- Künstlicher Geysir
- Globus mit Einblick ins Erdinnere (Foyer)
- Erdbebensimulator (Innenhof)
- Gesteine/Minerale

Regionaler Bezug

- Alpenmodell
- Gesteine/Minerale




GeoSystem „Der Mensch im System Erde“

Menschen sind von den Ressourcen und Bedingungen der Erde abhängig und beeinflussen sie zugleich, etwa durch Klimawandel und Umweltverschmutzung. Die Geowissenschaften erforschen diese Wechselwirkungen. Dazu nutzen sie unter anderem Geoarchive und Sammlungen und entwickeln Problemlösungen.



Zusammenfassung „Der Mensch im System Erde“

Wir Menschen sind Teil des Systems Erde und beispielsweise abhängig von sauberem Trinkwasser, fruchtbaren Böden und Rohstoffen, einer Ozonschicht, aber auch dem Erdmagnetfeld.

Insbesondere seit der industriellen Revolution ist unser Bedarf an mineralischen Rohstoffen und Energie enorm gestiegen. Dadurch beeinflussen wir das System Erde maßgeblich: Die Freisetzung gewaltiger Mengen an Treibhausgasen führt zur globalen Erwärmung der Erde, Flächenversiegelung trägt zu Überschwemmungen bei, der Eintrag von Dünger, Giftstoffen und Mikroplastik gefährdet uns und viele Arten, verstärkte Erosion führt zum Verlust fruchtbaren Bodens.

Menschen sind in der Lage, Abhängigkeiten und Wechselwirkungen des Systems Erde zu erkennen und zu erforschen. Hierzu nutzen wir vielfältige naturwissenschaftliche Methoden, die Geoarchive der Gesteine und historisch gewachsene Sammlungen.

Geowissenschaftliche Forschung hilft, Naturgefahren zu begegnen, erschließt Rohstoffe sowie Energiequellen und Energiespeicher. Recycling und sichere Deponierung spielen eine zunehmend wichtige Rolle. Geowissenschaftliche Forschung ist daher auch Teil der Lösung aktueller, menschengemachter Probleme.

B.4. „Der Mensch im System Erde“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
B.4.1 Abhängigkeiten und Wechselwirkungen		
B.4.1.1 Steine und Erden (Naturbausteine, Zement, Beton, Schotter, Kies und Sand etc.)	Nutzung von Naturbausteinen u.a. für Fassadenverkleidung, Treppen, Fensterbänke; Beton ist künstliches Gestein, besteht aus Zement, Gesteinskörnung, Wasser, ggf. Betonzusatzstoffen und Betonzusatzmitteln. Zement ist anorganisches, hydraulisch wirkendes Bindemittel für Mörtel und Beton; Ausgangsmaterial heutiger Bauzemente besteht aus Mischung von Kalkstein und Ton; Herstellung von Beton > Freisetzung großer CO ₂ -Mengen; Betonkrebs und andere Bauschäden; „Sand ist nicht gleich Sand“ > Bezug zu Knappheit von Sand; Nicht-Eignung von Wüstensand für Bauzwecke Kalisalze als wichtige Wertstoffe in Düngemittelindustrie (Bezug zu deutschen Kalisalz-Lagerstätten) Kieselerde ist spezielles Industriemineral > Verwendung u.a. als Nahrungsergänzungsmittel, Autopolitur Lokaler Bezug: in Neuburg a.d. Donau gibt es weltweit bedeutendes Abbauggebiet von Kieselerde	Information zur Fassade des Gebäudes; Sammlung Grimm; Spiel/App „Entdecke deine Stadt“: Fassadensteine in der Umgebung des GeoForums; „Recycling Beton“: Kenndaten zum GeoForum-Gebäude; Medienstation mit aktuellen Zahlen für Produktion von Massenrohstoffen in Deutschland (siehe Berichte BGR Hannover) und Zahlen für Gebäude aus Beton in Deutschland; Vom Rohstoff zum Produkt am Beispiel Kieselerde; Bahnschwellen aus Ostseesanden; Bilderserie zum „Blättern“ auf Tablett: Abbau von Rohstoffen ist landschaftsprägend Vom Erz zum Wertstoff (inkl Footprint?) Medienstation zu Bedarf und Reserve Periodensystem mit wichtigsten Mineralen und daraus hergestellten Produkten Aktuelle Themen auf der Website verlinken „Neuburger Kieselskreide“
B.4.1.2 Konfliktträchtige Rohstoffe, ethische Folgen	Coltan > (noch) unverzichtbar für Smartphones (analytischen Herkunftsnachweis) und ist finanzielle Grundlage für einen Konflikt in Zentralafrika > Konfliktmineral Abhängigkeit von Rohstoffen (insb. SEE mit China); kritische Rohstoffe aufgreifen	Pro und Kontra-Station > fiktive Diskussion zweier Personen (ähnlich Deutsches Museum Nürnberg)
B.4.1.3 Geothermie	Nutzung der Erdwärme als nachhaltige Energiequelle aus dem Geobereich	Medienstation zur Geothermie (verschiedene Formen, auch Probleme (z.B. Stauten) und Gefahren; Geothermie in Bayern z. B. Unterhaching)
B.4.1.4 Natürliche und synthetische Kristalle und Keramiken	Verwendung natürlicher Rohstoffe/Minerale in Haushalt und Technik > Beispiele: traditionelle Keramik (Dachziegel, Porzellan etc.); Synthetische Kristalle/Keramiken in der Medizin, Halbleitertechnik, etc.; Graphit in Bleistiftminen aber auch Elektroden	Große/r Silicium-Einkristall/e und Wafer; Verneuil-Apparatur; Schöne (bunte) Spinell- und Korund-Schmelzbirnen; Objekte aus Porzellan und Graphit

B.4. „Der Mensch im System Erde“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
B.4.1.5 Abfall-Mineralogie: Abfall als Wertstoff	Schlacke und Mülldeponien können als Wertstoff genutzt werden; Schwermetalle in Industriewässern; „Urban Mining“	Beispiele aufzeigen: Was gibt es schon?
B.4.1.6 Deponierung und Lagerung radioaktiver Abfälle Altlasten	Kriterien für die langfristige Lagerung von radioaktiven Abfällen darstellen Entgiftung von Böden durch bestimmte Pflanzen; Bakterien zum Abbau von Ölverschmutzung	Bildmaterial; interaktive Spiel zu Auswahlkriterien; Informationen zu Endlagern, die bereits im Bau sind (z.B. Finnland) Medienstation zu konkreten Altlastsanierungsprojekten
B.4.1 Abhängigkeiten und Wechselwirkungen		
B.4.1.7 Aktuelles Massenaussterbeereignis ⁸	Einfluss/„Impakt“ des Menschen auf die Entwicklung des Lebens, Biodiversitätskrise/Artensterben, Geschwindigkeit der Veränderungen heute vs. früher	Graphiken/Daten/Zahlen in anschaulichen Visualisierungen (vgl. Webseiten wie Cranky Uncle; show your Stripes; etc.)
B.4.1.8 CCS: Carbon Capture Storage	Carb-Fix Projekt in Island; CO ₂ - Speicherung in erschöpften Erdgaslagerstätten und unter dem Meeresboden; Wiedervernässung von Mooren	Karbonatserpentine, Torf; Klappbuch mit Informationen oder Medienstation
B.4.2 Geohazards		
B.4.2.1 Erdbeben und Tsunamis: Gefahrenminimierung und Frühwarnsysteme	Unterschied zwischen Vorhersagen und Frühwarnung klären Wir können für Erdbeben sagen, wo sie wahrscheinlich auftreten, aber nicht genau wann und in welcher Stärke. Erdbebensicheres Bauen (Mass Damper) Tsunami 2004 im Indischen Ozean hat Erforschung von Ursachen und Entwicklung von Frühwarnsystemen ausgelöst > weltweites Frühwarnsystem (Global Tsunami Early Warning and Mitigation Programme) zur Rettung von Menschenleben und Minimierung von Sachschäden; wird von der UNESCO koordiniert In Erdbeben gefährdeten Regionen wurden Maßnahmen eingeführt, die Personen- und Sachschäden minimieren sollen > Entwicklung geht stetig weiter	Hands on: Hochhausmodell auf Wackeltisch – mit und ohne bewegliche Masse per Taster auslösen; Andere Beispiele für erdbebensicheres Bauen als Modelle; Global Tsunami Early Warning > Monitoring auf Karte darstellen; O-Töne von Betroffenen einfangen, Daten und Fakten zu einigen Erdbeben aufzeigen
B.4.2.2 Vorhersage und Überwachung von Vulkanausbrüchen	Vorhersage von Vulkanausbrüchen; Frühwarnung Vulkane am Beispiel Vesuv	Life-Feeds zu aktiven Vulkanen (Kameras, Überwachungsdaten) Experimente zu Hangneigung und Dehnung
B.4.2.3 Anthropogene Erdbeben: Geothermie, Bergbau, Atomwaffentests	Beispiel Basel für induziertes Beben durch Bohrung Beispiel Staufen für weitere Effekte (Aufquellen von Anhydrit)	Visualisierung der P- und S- Wellen von natürlichen und künstlichen Erdbeben Handstück Schlangengips


⁸ Zum anthropogenen Klimawandel s.u. „Verbindende Installation“

B.4. „Der Mensch im System Erde“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
B.4.2.4 Hangbewegungen	Klimawandel führt zunehmend zu Hangrutschen in Gebirgen/Mittelgebirgen > Entstehen großer Sach- und ggf. Personenschäden Monitoring und Frühwarnung > Schäden minimieren z.B. durch Evakuierung von Dörfern Messtechniken zur Gefahrenabschätzung; Frühwarnung: Erweiterung von Klüften direkt messbar, Befliegungen, AlpSense etc.	Life-Feeds aus Messstationen in den Alpen; einzelne Ereignisse herausgreifen
B.4.3 Forschen und Sammeln		
B.4.3.1 Sammlungen als Forschungsinfrastruktur; Typenmaterial, Dokumentation von Geo- und Biodiversität, archiviertes Material als Grundlage für diverse (moderne) Forschungsansätze	Geo- und Paläoforschung ist materialbasiert > archivierte Materialien sind von großer wissenschaftlicher Bedeutung; Archiviertes Referenzmaterial für Vergleichszwecke und Untersuchungen > z.B. paläontologisches und mineralogisches Typus- und Belegmaterial, mineralogische und geochemische Standards, geologische Belege für Fazies- bzw. Lebensräume und Paragenesen; Dokumentation aller Informationen und digitale Erfassung in Datenbanken sowie Verfügbarmachung der Daten > essenzielle Aufgabe von Sammlungen Nachvollziehbarkeit (Authentizität) der Forschung > durch archivierte Belege gewährleistet	„Karteikasten“ mit Dateikarten sämtlicher Typminerale; Typminerale, die in der Mineralogischen Staatssammlung München aufbewahrt werden, werden besonders hervorgehoben PC-Station mit „besucherfreundlichem“ Zugang zu einer Raman-Datenbank Weltkarte mit Forschende, die Sammlungsmaterial für Forschungszwecke ausgeliehen haben bzw. in Sammlung kommen, um an den Stücken vor Ort zu forschen
B.4.3.2 Bewahren, was nicht mehr zugänglich ist	Belege von nicht mehr zugänglichen Lokationen (temporäre Baugruben, Tageabbaue, Großbaustellen z.B. BAB, ICE)	Braunkohletagebau (Wackersdorf, Wasserfichte im Paläontologischen Museum München) Bergwerk (Erzabbau; Hagendorf-Slg.) Rhein-Main-Donau-Kanal (Sammlung Hartwig, Unterjura-Insekten)



B.4. „Der Mensch im System Erde“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
B.4.3.3 Historisch bedeutsame Stücke / Schatzkammer ⁹	Sammlungen sind Kulturgut (Kulturgutschutzgesetz), Provenienzforschung gewinnt zunehmend an Bedeutung und ist verpflichtend. Bestimmte Sammlungen und Objekte stehen exemplarisch für die historische Entwicklung unserer heutigen Forschungssammlungen Sie dokumentieren Geschichte, enthalten grundlegendes Typusmaterial, bilden den historischen Grundstock für unsere heutigen Sammlungen, sie werden bis heute beforscht Historisch bedeutsame Sammlungen sind: Mannheimer Mineralienkabinett, Graf von Münster, Slg. Hohenegger, Slg. Oberndorfer, Leuchtenbergsammlung, Slg. Kunz, Slg. Kaiser, ...	Einmalige Objekte: Archaeopteryx-Original; Feder von Archaeopteryx, Seifen-Diamant in Sandstein aus der Kaiser-Slg; König-Ludwig-Diamant; Leuchtenberg-Smaragd, weitere Stücke aus der Leuchtenberg-Sammlung (Silberlocke, Gold- und Platinnuggets); Collini-Flugsaurier, Compsognathus-Original; Mauerkirchen-Meteorit; Stücke, die wir nicht mehr haben: z.B. Eichstätt-Meteorit

Mood-Board „Der Mensch im System Erde“

Der Mensch im System Erde



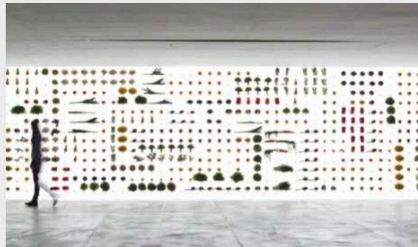
Forum: Fragen zur Zukunft verhandeln
Klimawandel
Rohstoffe
Radioaktive Endlager etc.





Sammlung & Schatzkammer

Key Objekte

- König-Ludwig-Diamant
- Leuchtenberg-Smaragd
- Wertvolle Meteorite
- Kalligramma





Key Objekte

Angewandte Geowissenschaften:

- E-Auto-Akku & Lithiumglimmer
- Synthetische Kristalle (z.B. Silicium-Wafer)

⁹ In welcher Form und ob diese (historisch) sehr wertvollen Stücke präsentiert werden können, wird davon abhängen, ob die notwendigen Sicherheitsvoraussetzungen realisiert werden können. Dies muss im Laufe des Planungsprozesses mit den verantwortlichen Konservatoren, Gebäudearchitekten, sonstigen Fachplanern und Ausstellungsplanern überprüft und abgestimmt werden.

Verbindende Installation „Kreislaufprozesse“

Kreislaufprozesse wie der Gesteinskreislauf oder der Kohlenstoffkreislauf umfassen die Tiefen der Erde ebenso wie ihre Oberfläche und die Erdatmosphäre. Sie prägen damit auch das Leben auf unserem Planeten. Kreislaufprozesse verbinden alle GeoSysteme der Ausstellung im GeoForum.



Zusammenfassung „Verbindende Installation“

Bei Stoffkreisläufen finden zyklische Umwandlungen von chemischen Verbindungen durch chemische Reaktionen statt. Der Kohlenstoffkreislauf ist ein Beispiel eines Stoffkreislaufts, der maßgeblich das Klimasystem beeinflusst und einen Austausch von kohlenstoffhaltigen Verbindungen zwischen Geosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre und Biosphäre ermöglicht.

Auch Gesteine sind einem ständigen Wandel ausgesetzt, bei dem Gesteine entstehen, verändert und schließlich wieder zerstört werden. Die Prozesse, die den Gesteinskreislauf antreiben, finden sowohl an der Erdoberfläche wie auch im Erdinneren statt. Motor im Erdinneren sind Konvektionsströme, die die Plattentektonik antreiben. Die Energie auf der Erdoberfläche liefert die Sonne als Motor für das Wetter und damit den Wasserkreislauf.

B.5. Verbindende Installation „Kreislaufprozesse“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/Botschaft	Exponat/Installation
B.5.1 Gesteinskreislauf		
B.5.1.1 Gesteine sind aus Mineralen aufgebaut	Gesteine bestehen aus Mineralen; sie können Organismenreste enthalten oder ältere Gesteine recyceln Gesteine sind Produkte geologischer Prozesse, die ihre Zusammensetzung und ihr Gefüge bestimmen.	Granit, Schillkalk, Konglomerat und ihre einzelnen Bestandteile: Minerale – Feldspäte, Quarz, Biotit fossile Muschelschalen > Mineral Calcit Kieselsteine > Minerale dieser Kiesel Hands-on Gesteinskundekurs vergleichbar den Schubladen in der Luisenstraße

B.5. Verbindende Installation „Kreislaufprozesse“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/ Botschaft	Exponat/Installation
B.5.1.2 Bildungsprozesse von Mineralen und Gesteinen	<p>Gesteine sind nicht ewig: Sie verwittern an der Erdoberfläche. Es entstehen Gesteinsbruchstücke, einzelne Mineralkörner, sich neu bildende Minerale, Lösungen; Minerale und daraus aufgebaute Gesteine können aus den Transportmedien (z.B. wässrigen Lösungen) ausgefällt werden > chemische Sedimente (wie Evaporite); Gesteinsbruchstücke und Minerale (Verwitterungsreste ebenso wie Neubildungen) können neue Gesteine bilden -> klastische Sedimentgesteine; Organismen und Organismenreste (Schalen, Skelette, organisches Material) können Gesteine bilden > organogene Sedimentgesteine, Karbonate; Diagenese: alle Prozesse, die aus einem Lockersediment ein festes Gestein machen ($T < 200^{\circ}\text{C}$): (Druck-)Lösung, Füllen der Zwickel durch Einschwemmen von Tonmineralen, Ausfällung von Mineralen (z.B. Calcit) aus dem Porenwasser; Minerale werden instabil bei erhöhter Temperatur ($T > 200^{\circ}\text{C}$) und/oder erhöhtem Druck. Sie reagieren chemisch > metamorphe Gesteine; Die Temperatur erhöht sich, wo heiße Schmelzen tief aus dem Erdinneren in die flachere Erdkruste eindringen > Kontaktmetamorphose; Der Druck erhöht sich, wo (ozeanische) Kruste in Subduktionszonen tief in den Erdmantel sinkt > (Ultra-)Hochdruckmetamorphose; Druck und Temperatur erhöhen sich gemeinsam bei der Krustenverdickung im Rahmen der Gebirgsbildung. Dabei führt gerichteter Druck zur Schieferung > Regionalmetamorphose bis zur Anatexis; Minerale können aus Schmelzen kristallisieren > magmatische Gesteine. Langsame Kristallisation im Erdinneren führt zu großen Kristallen im Gestein > Plutonite;</p>	Beispiel-Gesteine für die geschilderten Prozesse im Rahmen des Gesteinskreislaufes präsentieren (s.u.)

B.5. Verbindende Installation „Kreislaufprozesse“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/Botschaft	Exponat/Installation
	Schnelle Kristallisation an der Erdoberfläche führt zu glasigen bis feinkörnigen Gefügen > Vulkanite.	
B.5.1 Gesteinskreislauf		
B.5.1.3 Gesteinssystematik und Gesteinskreislauf	Geodynamische Prozesse versenken und exhumieren Gesteine, sie führen zu gerichtetem Druck, sie transportieren Schmelzen in die Erdkruste > die P/T-Bedingungen und das chemische Milieu unterliegen einem ständigen Wandel > Gesteine und ihre Minerale müssen sich dem ständig neu anpassen. Sie alle unterliegen einem ständigen Recycling – dem Gesteinskreislauf	Interaktive Installation des Kreislaufs der Gesteine mit realen Beispielgesteinen (anfassbar montiert) in den unterschiedlichen Bereichen: Detailinformationen zu den Gesteinen und den jeweiligen Prozessen sind abrufbar
B.5.2 Kohlenstoffkreislauf und Klimawandel		
B.5.2.1 Zusammenhang von Kohlenstoffkreislauf und Klimaentwicklung der Erde	Der Kohlenstoffkreislauf verbindet Geosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre; Schwankungen der CO ₂ -Menge in der Erdatmosphäre regeln über den Treibhauseffekt die Temperaturen auf der Erdoberfläche und damit das Klima; Mensch greift in diesen Kreislauf ein, indem er sehr schnell eigentlich bereits fixiertes CO ₂ freisetzt. (Hinweise auf weitere Komplexitäten: denn dies ist nur ein stark vereinfachtes Modell > weitere Rückkopplungen: Albedo, weitere vulkanische Gase etc.)	Graphische Darstellung des Kohlenstoffkreislaufes; Modelle zu einfachen chemischen Reaktionen; Evt. Bildpanele zu den einzelnen Bereichen des Kreislaufs (auch um zu zeigen, wie sie mit den vier GeoSystemen verknüpft sind) Beispielgesteine (s.u.)
B.5.2.2 Vulkanismus als natürlicher CO ₂ -Emittent	Entgasung des Erdmantels und Freisetzung von CO ₂ in die Atmosphäre durch Vulkanismus; Langfristige Emissionen von CO ₂ durch Vulkane und MOR; Large Igneous Provinces (LIPs) als Folge von aufsteigenden Mantelplumes führen zu einem verstärkten CO ₂ -Ausstoß.	Filme zur Entgasung von Vulkanen (Mofetten etc.) Basalte mit Hohlräumen Wassersäule in der Gasblasen aufsteigen?
B.5.2.3 Biomasse, Kohle, Erdöl und -gas als CO ₂ -Speicher	CO ₂ -Bindung in Biomasse bzw. Erdgas, Erdöl, Kohle; Umwandlung des CO ₂ in der Atmosphäre und den Ozeanen durch Photosynthese in organische Substanz und Fixierung in Schwarzschiefern, Erdgas-, Erdöl- oder Kohlelagerstätten	Inkohlung: vom Torf über diverse Kohlen zu Anthrazit Schwarzschiefer, Erdöl, Gashydrate
B.5.2.4 Menschengemachter Klimawandel	Der Mensch greift in das natürliche Gleichgewicht des Kohlenstoffkreislaufs ein, indem er CO ₂ freisetzt, das in die Erdkruste eingelagert war (stark verstärkt seit der Industrialisierung und nochmal enorm beschleunigt seit den 1950er Jahren).	Keeling Curve; Hockeystick-Diagramm: Überlagerung verschiedener Faktoren > menschlicher Anteil daran; Interaktives Display?; Hockeystick-Diagramm in einer farbigen

B.5. Verbindende Installation „Kreislaufprozesse“		
Inhalt	Präsentationsziel/Aussage/Botschaft	Exponat/Installation
	Das führt zu einem verstärkten Treibhauseffekt: Erwärmung. Dies passiert extrem schnell (2 Größenordnungen schneller als bei Klimaschwankungen der Erdgeschichte, die zu Massenaussterbe-Ereignissen geführt haben). Die hohe Geschwindigkeit des CO ₂ -Anstiegs führt auch zur Ozeanversauerung.	Visualisierung (siehe https://showyourstripes.info/)? Erdöl, Kohle, Kalkstein; Lösungsstrukturen an Foraminiferen etc. > Einbruch der Karbonat-Produktion; Rifffleiche (Input aus Monitoring-Stationen; Seesedimente (Anthropozän: Definition steht noch aus) IPCC-Szenarien
B.5.2.5 Atmosphären-Entwicklung	Veränderung der Atmosphäre im Laufe der Zeit; auch Organismen beeinflussen die Zusammensetzung der Atmosphäre; z.B. Cyanobakterien (O ₂) oder die ersten Wälder im Oberdevon (CO ₂)	Graphik/interaktive Medienstation zur Atmosphärenentwicklung im Laufe der Erdgeschichte (inkl. vertiefender Informationen zu den Meilensteinen und zur Messmethodik; zu LIPs)

Mood-Board „Kreislaufprozesse“



3 Fachdidaktikraum

Im Fachdidaktikraum sollen Workshops für Schulklassen und andere Gruppen durchgeführt werden. Er soll für Schulklassengröße (max. 30 Schüler und Schülerinnen) ausgestattet werden und genügend Stauraum für didaktisches Material bieten. Die Planung für Ausstattung und Gestaltung dieses Raumes liegt bei Gerber Architekten und ist bereits abgeschlossen.

4 Cafeteria

Im Gebäude der Straße zugewandt ist eine Cafeteria vorgesehen, die auch öffentlich zugänglich ist. Es ist angedacht, auch diesen Bereich in die Ausstellungskonzeption mit einzubeziehen. Hier könnten Exponate an einer zweigeschossigen Wand, in Vitrinen und/oder von Teilen der Decke abgehängt (ohne Zwischengeschoss) ausgestellt werden, die inhaltlich mit der Ausstellung im GeoForum in Zusammenhang stehen. Ausstellungsgegenstände könnten im Küchen-Treppenblock in der Cafeteria in Vitrinen integriert werden. Die Planung für Ausstattung und Gestaltung dieses Raumes liegt bei Gerber Architekten und ist bereits abgeschlossen.

5 Treppenabgang und Untergeschoss

Der Treppenabgang vom Foyer zum Untergeschoss öffnet sich in einer Nische, in der eine Sitzgruppe vom Gebäudearchitekten vorgesehen wird. Die rückwärtige Wand soll mit in die Ausstellungskonzeption einbezogen werden.

6 Außenfläche

Schaufenster Schillerstraße

Ein durchgehendes, in vier Abschnitte gegliedertes Schaufenster (ca. 11,20 m (B) x 1,40 m (H) x 1,30 m (T)) entlang der Schillerstraße erlaubt einen Einblick in einen Teil des Ausstellungsraums. Für die Erstbestückung ist die Bewerbung des Ausstellungskonzepts (1 Fenster – 1 Geosystem) vorgesehen. Später soll hier v.a. Forschung mit Alltagsbezug gezeigt werden.

Mood-Board Schaufenster



Außenbereich Schillerstraße

Entlang der Schillerstraße im Eingangsbereich sind fünf große Gesteinsblöcke aus bayerischen Steinbrüchen vorgesehen, die im Rahmen eines „Kunst am Bau-Projekts“ künstlerisch gestaltet werden sollen. Eine detaillierte Planung steht noch aus.



Die späteren Nutzer und Nutzerinnen wünschen sich vor dem Gebäudeeingang einen aus großer Entfernung wahrnehmbaren Eyecatcher als Werbeträger. Dieser Außenraum könnte mit einem wetterfesten Objekt oder künstlerischem Impuls in das Gesamtkonzept einbezogen werden. Hier sind Vorschläge seitens der Ausstellungsgestaltung ausdrücklich willkommen.



Entlang der Fassade vom Schaufenster an der Schillerstraße bis hinein in das Foyer ist ein 1,5 m hoher Streifen mit einem extrem überhöhten und stark stilisierten geologischen Profil durch Bayern vorgesehen (s.o.). Pläne für dieses Profil liegen bereits vor, die Gesteine werden aktuell ausgewählt.

GeoGarten im Innenhof

Die Bepflanzung im Innenhof berücksichtigt paläobotanische Aspekte und integriert unterschiedliche Gesteinsblöcke. Dies macht den Innenhof nutzbar für Übungen und Workshops. Im Innenhof wird zusätzlich ein Erdbebensimulator aufgestellt, den wir voraussichtlich vom Museum Mensch und Natur werden übernehmen können. Denkbar ist auch die Aufstellung einer Skelettrekonstruktion des Waldelefanten *Gomphotherium* aus wetterfestem Kunststoff (vgl. Fußnote 3, S. 19).