

R4.1. Datenvorlage für das STEAM-Szenario „DataScEd4CiEn“

Bürgerschaftliches Engagement, um sicherzustellen, dass ein Erdbeben kein soziales Problem darstellt

Einleitung	2
Titel	2
Autoren	3
Zusammenfassung des Szenarios	3
Alter der Schüler	3
„Data-Science-Inhalte in STEAM für bürgerschaftliches Engagement und soziale Gerechtigkeit ab der frühen Kindheit“	3
Fächer und Themen	3
Fragen aus dem Alltag	4
Ziele des Szenarios	4
Fähigkeiten und Kompetenzen	5
Unterrichtsansätze und Lernstrategien/-theorien	6
Verbindung des nationalen Lehrplans mit dem DataScEd4CiEn-Szenario	6
1. Wissenschaftliche Kompetenz	6
2. Digitale Kompetenz	7
3. Kommunikation in der Muttersprache (Sprachkompetenz)	7
4. Soziale und staatsbürgerliche Kompetenz	7
5. Lernen lernen	7
6. Kritisches Denken und Problemlösen	8
Planung des Unterrichtsszenarios	8
Unterrichtsplan	8
Zeitplan	13
Unterrichtsmaterialien (Materialien & technische Hilfsmittel)	13
Materialien	13
Online-Tools	13
Bewertung	14
Erstbeurteilung	14
Bewertungsinstrumente	14
Literatur	14
Anhänge zu Biologie und Geologie	15
S1: Warum besteht die Erde aus Schichten?	15
S2: Woher weißt du, was sich unter der Erdkruste befindet?	15
S3: Seismische Wellen	19
1. Oberflächenwellen	19
a. Liebeswellen	20

b. Rayleigh-Wellen.....	20
2. Körperwellen	21
a. Primärwellen (P-Wellen).....	21
2. Körperwellen	22
b. Sekundärwellen (S-Wellen)	22
Zusammenfassung der wichtigsten Unterschiede	22
Wie sie uns helfen, das Innere der Erde zu verstehen	23
S4: Experiment zu seismischen Wellen	24
Schreibe den Titel in dein Heft: Erforschung von Erdbebenwellen mit einem Slinky.....	24
Lernziele: Die Schüler werden	24
Materialien	24
Aktivitätsschritte	25
Teil 1: Einführung in seismische Wellen.....	25
Teil 2: Praktische Übung.....	25
Teil 3: Vergleich von P-Wellen und S-Wellen	26
Teil 4: Schlussfolgerungen.....	26
S5: Das Erdmagnetfeld, unser Schutzschild und die Lokalisierung des Erdbebenepizentrums.....	26
1. Abschwächung des Erdmagnetfelds	28
2. Geophysikalische Veränderungen	29
3. Auswirkungen auf das Klima (unsicher).....	29
Schlussfolgerung	29
Mathematische Anhänge: Bürgerliches Engagement, damit ein Erdbeben kein gesellschaftliches Problem wird! ...	35
Begründung	36
S1 und S2. Erkennen von Mustern bei historischen Erdbeben	38
S3 und 4. Verständnis der bedingten Wahrscheinlichkeit zur Vorhersage des Auftretens eines Erdbebens in Puerto Real	41
S5. Verschiedene Magnituden und Maßeinheiten für die Stärke von Erdbeben..	45
Vor dem Lesen	45
Während des Lesens.....	45
Nach dem Lesen	47
S6. Grafische Darstellung der Momentmagnitude	49
Nach der Lesung	49
S7. Endprodukt. Verfassen Sie einen journalistischen Artikel	52
Literaturverzeichnis	53

Einleitung

Titel

Bürgerschaftliches Engagement, damit ein Erdbeben kein soziales Problem wird!

Autoren

Manuel Pavón Iglesias und Ana Serradó Bayés

Zusammenfassung des Szenarios

In dieser Lernsituation erkunden die Schüler*innen die Naturwissenschaften und die Datenwissenschaft hinter Erdbeben durch einen multidisziplinären Ansatz, der Geografie, Biologie und Geologie, Mathematik und Statistik sowie Sprache miteinander verbindet. Im Rahmen des 15 Sitzungen umfassenden Szenarios untersuchen die Schüler, was ein Erdbeben ist, wie und warum es entsteht, wie seine Stärke gemessen wird und wo Erdbeben weltweit häufig auftreten. Sie befassen sich zudem mit historischen Daten zu einigen der stärksten Erdbeben in der aufgezeichneten Geschichte sowie mit den historischen Daten der Erdbeben in der Region, in der sich die Schule befindet, und bewerten, wie Wissenschaftler Datenwissenschaft nutzen, um seismische Aktivitäten zu überwachen und vorherzusagen.

Während die Schüler Daten aus realen seismischen Ereignissen und historischen Aufzeichnungen sammeln und interpretieren, werden sie aufgefordert zu beurteilen, ob Erdbeben eine reale Bedrohung für ihre eigene Gemeinde darstellen. Diese Untersuchung gipfelt in der Erstellung eines journalistischen Artikels mit dem Titel „*Hast du Angst vor einem Erdbeben in Puerto Real, ja oder nein?*“. In diesem Endprodukt nutzen die Schüler die Daten, Grafiken und Erkenntnisse, die sie während des Lernprozesses gewonnen haben, um Stellung zu beziehen, Belege vorzulegen und ihre Ergebnisse einem breiteren Publikum auf überzeugende und informative Weise zu vermitteln.

Alter der Schüler

15 und 16 Jahre alt. 10. Klasse.

„Data-Science-Inhalte in STEAM für bürgerschaftliches Engagement und soziale Gerechtigkeit ab der Early- -Phase“

Fächer und Themen

Beschreibung der Fächer und Themen, die im Rahmen der Data-Science-Bildung in STEAM für bürgerschaftliches Engagement und soziale Gerechtigkeit behandelt werden

Fragen aus dem Alltag

1. Was löst ein Erdbeben aus, und wie tragen tektonische Platten zur seismischen Aktivität bei?
2. Wie messen Wissenschaftler die Stärke eines Erdbebens, und was ist die Momentmagnitudenskala?
3. Welche Regionen der Welt sind am anfälligsten für Erdbeben, und warum weisen diese Gebiete eine höhere seismische Aktivität auf?
4. Wie können wir das Auftreten eines Erdbebens vorhersagen, und warum ist die Vorhersage so schwierig?
5. Wie können wir Echtzeitdaten aus Quellen wie dem IGN nutzen, um Erdbeben zu verfolgen?
6. Wie beeinflussen historische Erdbebenereignisse, wie beispielsweise in Japan oder Chile, unser Verständnis von seismischen Risiken?
7. Welchen Risiken sind die Einwohner von Puerto Real im Falle eines schweren Erdbebens ausgesetzt, und wie wahrscheinlich ist es, dass ein solches in dieser Region auftritt?
8. Wie können wir Erdbebendaten visuell darstellen, um Erkenntnisse effektiv zu vermitteln?
9. Welche ethischen Überlegungen müssen wir berücksichtigen, wenn wir Erdbebendaten an die Öffentlichkeit weitergeben?
10. Sollten die Menschen in Puerto Real aufgrund Ihrer Recherchen Angst vor Erdbeben haben? Warum oder warum nicht?

Ziele des Szenarios

1. Biologie und Geologie:
 - a. Definieren Sie, was ein Erdbeben ist und wie es entsteht
 - b. Identifizieren Sie die tektonischen Prozesse, die für seismische Aktivität verantwortlich sind
 - c. Verstehen, wie die Erdbebenstärke anhand der Momentmagnitudenskala (Mw) aus der ursprünglichen Richterskala gemessen wird
2. Geografischer Kontext:
 - a. Lokalisieren Sie globale Erdbebenzonen und identifizieren Sie die Regionen, die am stärksten von Erdbeben bedroht sind.
 - b. Bewerten Sie das lokale Erdbebenrisiko in Puerto Real und Umgebung.
3. Historische Untersuchung:
 - a. Recherchieren Sie große Erdbeben der Weltgeschichte anhand ihrer Stärke und der verursachten Schäden.
 - b. Analysiere die Ursachen und Folgen dieser Erdbeben.
4. Datenkompetenz:
 - a. Nutze die Online-Erdbebendatenbank des IGN, um die Aktivitäten der letzten 10 Jahre in der Region zu verfolgen und zu visualisieren.
 - b. Erstelle Grafiken und Visualisierungen, um die Häufigkeit, Stärke und Orte von Erdbeben darzustellen.
 - c. Analysiere mögliche Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Variablen, die mit Erdbeben in Verbindung stehen.
 - d. Leiten Sie generative Modelle für informelle Schlussfolgerungen ab, um die Variabilität der Daten zu untersuchen und nach Mustern zu suchen.
 - e. Erstellen Sie maschinell lernende Vorhersagemodelle in Form von Entscheidungsbäumen, um die Ursachen und Einflussfaktoren für das Auftreten von Erdbeben zu ermitteln.
 - f. Interpretiere reale seismische Daten und historische Ereignisse.

5. Kommunikation und Journalismus:

- a. Erstellen Sie einen journalistischen Artikel auf der Grundlage der gesammelten Daten und visuellen Darstellungen.
- b. Präsentieren Sie die Ergebnisse zu den Erdbebenrisiken in Puerto Real auf der Grundlage der erstellten Vorhersagemodelle mit Entscheidungsbäumen aus dem maschinellen Lernen.
- c. Nehmen Sie zu der im Titel des Artikels gestellten Frage „*Haben Sie Angst vor einem Erdbeben in Puerto Real, ja oder nein?*“ Stellung und untermauern Sie Ihre Antwort mit Belegen.

Fähigkeiten und Kompetenzen

1. Skepsis gegenüber Daten

Die Schüler lernen, Daten nicht ungeprüft zu akzeptieren. Bei der Analyse von Erdbebendaten (wie Stärke, Ort und Häufigkeit) stellen sie folgende Fragen:

- Woher stammen die Daten?
- Wie wurden sie erhoben oder gemessen?
- Was könnte fehlen oder irreführend sein?

Diese kritische Haltung wird den Schülern helfen, fundiertere und verantwortungsbewusstere Interpretationen von Daten vorzunehmen.

2. Bereitschaft, mit Unsicherheit umzugehen

Erdbebenvorhersagen und Risikobewertungen beinhalten komplexe Variablen und unvollständige Daten. Die Schüler werden aus erster Hand erfahren, dass:

- Daten nicht immer klare Antworten liefern.
- Wissenschaftliche Modelle (z. B. zur Erdbebenvorhersage) haben ihre Grenzen.

Dies fördert den Umgang mit Unklarheiten und hilft ihnen, probabilistisch zu denken

– eine wesentliche Eigenschaft in der Datenwissenschaft.

3. Sinnstiftung mit Daten

Anstatt nur Grafiken zu erstellen oder Statistiken zusammenzufassen, werden die Studierenden:

- stellen sie sinnvolle Fragen.
- Daten nutzen, um Erkenntnisse zu gewinnen und Schlussfolgerungen zu untermauern.
- In ihren journalistischen Artikeln quantitative Belege mit dem realen Kontext verbinden.

Dies festigt die Gewohnheit, Daten nicht nur für Berechnungen zu nutzen, sondern auch, um Phänomene zu verstehen und zu erklären.

4. Argumentation unter Verwendung von Daten

Die Schüler üben, Daten als Belege zu nutzen, um:

- bei der Beantwortung der Frage zum Produkt „*Haben Sie Angst vor einem Erdbeben in Puerto Real, ja oder nein?*“ einen Standpunkt einzunehmen.
- diese Position schriftlich mit Argumenten, Belegen und visuellen Darstellungen zu verteidigen.

Diese Herangehensweise fördert datenbasiertes Denken und hilft den Schülern, komplexe Ideen effektiv und verantwortungsbewusst zu vermitteln.

5. Neugier und Motivation zum Erkunden

Durch den Zugang zu realen seismischen Daten und Werkzeugen werden die Schüler dazu angeregt:

- Muster und Anomalien zu erforschen.
- Bereiche von persönlichem oder lokalem Interesse zu untersuchen.

Dies fördert eine datenorientierte Denkweise, bei der die Schüler durch Entdeckungen motiviert werden und nicht nur durch richtige Antworten.

6. Ethisches Bewusstsein und Verantwortung

Bei der Interpretation und Weitergabe von Daten zu Naturkatastrophen reflektieren die Schüler:

- Die realen Auswirkungen der Art und Weise, wie Daten präsentiert werden (z. B. Ängste vs. Vorsorge).
- Die Bedeutung von Genauigkeit, Transparenz und Kontext in der Kommunikation. Dies fördert ein Gefühl ethischer Verantwortung bei der Arbeit mit Daten, die das Verständnis und die Sicherheit der Öffentlichkeit beeinflussen.

Unterrichtsansätze und Lernstrategien/-theorien

In dieser Lernsituation wird die Methodik **des forschungsbasierten Lernens (IBL)** als zentraler Ansatz eingeführt, um das Engagement der Schüler und das wissenschaftliche Verständnis durch aktive Untersuchung und Problemlösung zu fördern. Der Untersuchungsprozess beginnt damit, dass den Schülern Fragen aus der Praxis gestellt werden, wie zum Beispiel: „Sollten die Menschen in Puerto Real Angst vor einem Erdbeben haben?“ Diese offene Frage regt die Schüler dazu an, sich mit kritischem Denken und Datenanalyse auseinanderzusetzen, während sie die seismische Aktivität sowohl lokal als auch überregional untersuchen und dabei digitale Werkzeuge nutzen, um Grafiken zu erstellen und Muster in Bezug auf das Auftreten und die Stärke von Erdbeben zu erkennen. Durch die Arbeit in Gruppen und die Durchführung eigenständiger Recherchen üben die Schüler, Hypothesen zu formulieren, Vorhersagen zu überprüfen und Daten zusammenzufassen, um ihre Schlussfolgerungen zu untermauern. Das Endprodukt – ein journalistischer Artikel – dient den Schülern als Plattform, um ihre Ergebnisse zu kommunizieren und anhand von Belegen für oder gegen das wahrgenommene Erdbebenrisiko in Puerto Real zu argumentieren. Dieser Ansatz fördert nicht nur wissenschaftliche Untersuchungsfähigkeiten wie die Dateninterpretation, sondern fördert auch kritische Haltungen wie Skepsis, Neugier und ethische Verantwortung, da die Schüler lernen, komplexe wissenschaftliche Daten effektiv zu bewerten und zu kommunizieren. Durch forschungsbasiertes Lernen werden die Schüler befähigt, Informationen zu erforschen, zu hinterfragen und kritisch zu bewerten, wodurch sowohl ihr Verständnis von Erdbeben als auch ihre allgemeinen analytischen Fähigkeiten vertieft werden.

Verbindung des nationalen Lehrplans mit dem „DataScEd4CiEn“-Szenario

1. Wissenschaftliche Kompetenz

- **Verständnis natürlicher Phänomene:** Die Schüler verstehen, wie Erdbeben entstehen, wie sie gemessen werden (Moment-Magnituden-Skala) und wie tektonische Platten die seismische Aktivität beeinflussen.
- **Datenanalyse und -interpretation:** Die Schüler arbeiten mit echten seismischen Daten, um Muster zu erkennen, Magnituden zu vergleichen und globale sowie regionale Erdbebenrisiken zu verstehen.

- **Verwendung wissenschaftlicher Sprache:** Sie entwickeln die Fähigkeit, komplexe Konzepte unter Verwendung korrekter wissenschaftlicher Terminologie sowohl in schriftlicher als auch in mündlicher Kommunikation zu erklären.

2. Digitale Kompetenz

- **Informationsrecherche und -überprüfung:** Die Schüler lernen, sich in Online-Datenbanken (z. B. USGS, EMSC) zurechtzufinden, um relevante Erdbebendaten zu extrahieren.
- **Datenvisualisierung:** Sie nutzen digitale Werkzeuge (z. B. Tabellenkalkulationen, Grafiksoftware), um aussagekräftige Grafiken und Diagramme zu erstellen, die ihre Schlussfolgerungen untermauern.
- **Kritischer Umgang mit Technologie:** Sie werden Quellen bewerten und die Zuverlässigkeit der online gesammelten Informationen überprüfen.

3. Kommunikation in der Muttersprache (Sprachkompetenz)

- **Zielgerichtetes Schreiben für ein bestimmtes Publikum:** Anhand des abschließenden journalistischen Artikels üben die Schüler strukturiertes, zielgerichtetes Schreiben, das informiert und überzeugt.
- **Mündliche Kommunikation:** Diskussionen, Debatten und Präsentationen im Unterricht helfen den Schülern, wissenschaftliche Erkenntnisse klar und schlüssig auszudrücken.
- **Textanalyse und -gestaltung:** Die Schüler analysieren Beispiele journalistischer Texte und wenden ähnliche Techniken an, um ihre eigenen Artikel zu strukturieren.

4. Soziale und staatsbürgerliche Kompetenz

- **Bewusstsein für lokale und globale Themen:** Die Schüler untersuchen, wie Naturkatastrophen wie Erdbeben Gemeinden weltweit betreffen, und bewerten das Risiko für ihre eigene Stadt (Puerto Real).
- **Bürgerliche Verantwortung und Vorsorge:** Die Unterrichtseinheit regt zum Nachdenken darüber an, wie sich Gemeinschaften auf Naturgefahren vorbereiten können, und fördert proaktives, informiertes bürgerschaftliches Engagement.

5. Lernen lernen

- **Recherchefähigkeiten:** Die Schüler planen und führen Untersuchungen durch, werten verschiedene Informationsquellen aus und ziehen Schlussfolgerungen aus den gewonnenen Erkenntnissen.
- **Selbstregulierung und Eigenständigkeit:** Im Rahmen des Schreibprozesses für den Abschlussartikel lernen die Schüler, ihre Zeit einzuteilen, Entscheidungen zu treffen und ihre Arbeit selbstständig zu überarbeiten.

- **Zusammenarbeit und Reflexion:** Die Arbeit in Gruppen und die Teilnahme an Feedback-Runden helfen den Schülern, ihren eigenen Lernfortschritt einzuschätzen und sich durch den Austausch mit Gleichaltrigen zu verbessern.

6. Kritisches Denken und Problemlösung

- **Risikobewertung:** Die Schüler nutzen wissenschaftliches Denken und Daten, um zu beurteilen, ob ein Erdbeben eine reale Bedrohung für ihre Region darstellt.
- **Entscheidungsfindung auf der Grundlage von Belegen:** Sie beziehen in ihrem Artikel Stellung (Ja oder Nein) und begründen diese mit Fakten, Zahlen und fundierten Argumenten.

Planung des Unterrichtsszenarios

Beschreibung des Unterrichtsplans: Name der Aktivität, Fach, Ablauf, Zeit, Ressourcen. Füllen Sie die folgende Tabelle aus und fügen Sie die Links zum Anhang mit der detaillierten Beschreibung der Aktivität hinzu.

Unterrichtsplan

Name der Aktivität	Ablauf	Zeit/Anhang
Lektion 1: Motivation für das Projekt		
STEAM-Fach: Biologie und Geologie	Warum besteht die Erde aus Schichten? Anhand von zwei Hörübungen sollen die Schüler versuchen, sich so viele Informationen wie möglich über die Schichten der Erde zu merken.	Anhang B1 60'
Erwartete Lernergebnisse	Die Schichten der Erde, Diskontinuitäten und Merkmale.	

Lektion 2: Woher weißt du, was sich unter der Erdkruste befindet?		
STEAM-Fach: Biologie und Geologie	Woher weißt du, was sich unter der Erdkruste befindet?	Anhang B2 60'

	Eine Lektüre mit Aktivitäten, um sich mit den indirekten Methoden zur Erforschung des Erdinneren vertraut zu machen.	
Erwartete Lernergebnisse	Sich mit den indirekten Methoden zur Erforschung des Erdinneren vertraut machen.	

Lektion 3: Seismische Wellen		
STEAM-Fach: Biologie und Geologie	Seismische Wellen Die Schüler bilden Teams, dann teilen sich die Teams auf und die Schüler treffen sich in Expertengruppen, um die Arten von seismischen Wellen zu analysieren. Anschließend kehren sie zu ihren ursprünglichen Teams zurück, um die Informationen, die sie über die einzelnen Arten von seismischen Wellen gesammelt haben, zusammenzutragen. Zu Hause müssen die Schüler Videos ansehen, um sich auf die nächste Sitzung vorzubereiten.	Anhang B3 60'
Erwartete Lernergebnisse	Arten und Eigenschaften von seismischen Wellen	

Lektion 4: Experiment zu seismischen Wellen		
STEAM-Fach	Experiment zu seismischen Wellen Im Rahmen einer praktischen Übung mit einem Slinky sollen die Schüler: *die Unterschiede zwischen P-Wellen und S-Wellen verstehen. *Lernen, wie sich seismische Wellen durch die Erde ausbreiten. *einen Zusammenhang herstellen Wellen Bewegung mit realen geologischen Phänomenen.	Anhang B4 60'
Erwartete Lernergebnisse	*Die Unterschiede zwischen P-Wellen und S-Wellen verstehen. *Lernen, wie sich seismische Wellen durch die Erde ausbreiten. *Wellenbewegungen mit realen geologischen Phänomenen in Verbindung bringen.	

Lektion 5: Das Erdmagnetfeld, unser Schutzschild, und die Lokalisierung des Erdbebenepizentrums		
STEAM-Fach	Diese Einheit besteht aus zwei Teilen; für diese Sitzung sind mindestens 2,5 Stunden erforderlich. Im ersten Teil analysieren die Schüler im Rahmen einer Leseübung die Eigenschaften des Erdmagnetfelds und die Folgen eines	Anhang B5 2,5 h

	hypothetische Abschwächung dieses Feldes. Der zweite Teil besteht aus einer praktischen Übung zur Lokalisierung des Epizentrums eines Erdbebens.	
Erwartete Lernergebnisse	Die Eigenschaften und die Bedeutung des Erdmagnetfelds. Wie Epizentren lokalisiert werden.	

Lektion 6: Bewertung		
STEAM-Fach	Abschlusstest	1 Stunde
Erwartete Lernergebnisse	Dieser Test fasst das Wissen über die Geosphäre aus den 5 vorangegangenen Sitzungen zusammen.	

Lektion 7: Begründung		
STEAM-Fach Mathematik	1. Lektüre über die historische Analyse des Erdbebens, das sich am 1. November 1755 in der Bucht von Cádiz ereignete. 2. Analyse der Auswirkungen eines Erdbebens. 3. Überlege, wie maschinelles Lernen dabei helfen kann, ein Erdbeben vorherzusagen. 4. Analysiere, welche Ziele und Kenntnisse im Fach Mathematik vermittelt werden sollen.	Anhang 1 20'
Erwartete Lernergebnisse	Recherchiere große Erdbeben der Weltgeschichte anhand ihrer Stärke und der verursachten Schäden. Analysiere die Ursachen und Folgen dieser Erdbeben.	

Lektion 8: S1 und S2. Erkennen von Mustern bei historischen Erdbeben		
STEAM-Fach: Mathematik	1. Schau dir ein Video an und fasse zusammen, wie historische Daten dabei helfen können, zukünftige Erdbeben vorherzusagen und sich darauf vorzubereiten. 2. Überlege, wie viele Erdbeben in den letzten zehn Jahren auf der Iberischen Halbinsel aufgetreten sind. 3. Rufe die Webseite des Nationalen Geografischen Instituts auf und recherchiere zu der vorangegangenen Frage. 4. Rufe den Katalog der Erdbeben von 1370 n. Chr. bis heute auf und suche die Daten für die letzten 10 Jahre heraus. 5. Analysiere, welche Variablen die Tabelle mit den gewonnenen Informationen liefert.	Anhang 2 120'

	- Rufen Sie CODAP mit einer Stichprobe von 5000 Fällen auf und führen Sie eine Datenanalyse durch. - Analysieren Sie die Wahrhaftigkeit der Informationen einer Zeitung durch eine umfassende Datenanalyse offizieller Daten.	
Erwartete Lernergebnisse	Nutzen Sie die Online-Erdbebendatenbank des IGN, um die Aktivitäten der letzten 10 Jahre in der Zone zu verfolgen und zu visualisieren. Erstellen Sie Grafiken und Visualisierungen, um die Häufigkeit, Stärke und Orte von Erdbeben darzustellen. Analysieren Sie mögliche Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Variablen, die mit Erdbeben in Verbindung stehen. Leiten Sie generative Modelle für informelle Schlussfolgerungen ab, um die Variabilität der Daten zu untersuchen und nach Mustern zu suchen. Bewerten Sie das lokale Erdbebenrisiko in Puerto Real und der Umgebung.	

Lektion 9: S3 und 4. Verständnis der bedingten Wahrscheinlichkeit zur Vorhersage des Auftretens eines Erdbebens in Puerto Real.		
STEAM-Fach	- Verstehen, was eine Kontingenztafel und bedingte Wahrscheinlichkeit ist. - Bestimme mithilfe einer Kontingenztafel die einfache und die bedingte Wahrscheinlichkeit von Erdbeben mit Epizentrum in Puerto Real. - Greifen Sie auf den IGN-Erdbebenkatalog zu und verwenden Sie den CODAP-Arbor-Entscheidungsbaum-Algorithmus, um eine prädiktive Modellanalyse unter Berücksichtigung verschiedener Variablen durchzuführen und anhand der Informationen des Entscheidungsbaums eine Kontingenztafel zu erstellen. - Schlussfolgerung zu den Unterschieden, die bei der Arbeit mit verschiedenen Stichproben festgestellt werden können - Analysieren Sie die Repräsentativität der Stichproben, um die Prinzipien des maschinellen Lernens einzuführen. - Verstehen, was Population, Stichprobe und Stichprobenziehung sind, mithilfe von Edpuzzle: https://edpuzzle.com/assignments/67c5cad0851a1199b5ff31d6/watch	Anhang 3 120'
Erwartete Lernergebnisse	Erstellen Sie Vorhersagemodelle für maschinelles Lernen in Form von Entscheidungsbäumen, um die Ursachen und Auslöser für das Auftreten von Erdbeben zu ermitteln. Echte seismische Daten und historische Ereignisse interpretieren.	

Lektion 10: S5. Verschiedene Magnituden und Maßeinheiten für die Stärke von Erdbeben
--

STEAM-Fach	1. Mit dem Ziel, eine Verbindung zu den Fächern Biologie und Geologie herzustellen, werden die Schüler gefragt: Wisst ihr, wie die Stärke eines Erdbebens gemessen wird? 2. Lesen eines Textes auf einer offiziellen Website der US-Regierung über die Momentmagnitude und die Richterskala – welche verschiedenen Magnitudenskalen gibt es und warum gibt es so viele? 3. Reflexion über die Zahlen und Variablen, die in den Gleichungen vorkommen, die die verschiedenen Magnitudenskalen eines Erdbebens modellieren. 4. Einführung in die Notation eines Logarithmus. Diese Aktivität kann als Motivation für die Einführung der Bedeutung, Notation oder Basisänderung des Logarithmus dienen.	Anhang 4 60'
Erwartete Lernergebnisse	Verstehen, wie die Erdbebenstärke anhand der Momentmagnitudenskala (Mw) aus der ursprünglichen Richterskala gemessen wird.	

Lektion 11: S6. Grafische Darstellung der Momentmagnitude.		
STEAM-Fach	1. Lesen, was die Momentmagnitude und andere Skalen bedeuten. 2. Umwandlung der Momentgleichung in eine Funktion, bei der MO die unabhängige Variable und MW die abhängige Variable ist. 3. Verwende Geogebra Classic, um die Funktion zu zeichnen und ihre Eigenschaften zu analysieren. 4. Bestimme die Änderungsrate und die durchschnittliche Änderungsrate des seismischen Moments. 5. Interpretiere die Änderungsrate und die durchschnittliche Änderungsrate, um das Wachstum der Momentfunktion zu verstehen. 6. Verallgemeinere die Situation auf andere logarithmische Funktionen.	Anhang 5 60'
Erwartete Lernergebnisse	Verstehen, wie die Erdbebenstärke anhand der Momentmagnitudenskala (Mw) aus der ursprünglichen Richterskala gemessen wird.	

Lektion 12: S7. Endprodukt. Verfassen eines journalistischen Artikels		
STEAM-Fach	1. Informiere dich darüber, was die Merkmale des journalistischen Schreibens sind. 2. Verfasse einen journalistischen Artikel auf der Grundlage der Daten und Grafiken, die du im Laufe des Kurses erstellt hast	Anhang 6 120'

	Lernsituation mit dem Titel: „Haben Sie Angst vor einem Erdbeben in Puerto Real, ja oder nein?“ 3. Analysieren Sie, ob Ihr journalistischer Artikel die in den Grundsätzen des journalistischen Schreibens definierten Prinzipien erfüllt. 4. Verbessere den Artikel gegebenenfalls.	
Erwartete Lernergebnisse	Entwickeln Sie einen journalistischen Artikel auf der Grundlage gesammelter Daten und visueller Darstellungen. Präsentieren Sie Erkenntnisse zu Erdbebenrisiken in Puerto Real auf der Grundlage der etablierten Vorhersagemodelle für Entscheidungsbäume im Bereich des maschinellen Lernens. Nehmen Sie zu der im Titel des Artikels gestellten Frage „ <i>Haben Sie Angst vor einem Erdbeben in Puerto Real, ja oder nein?</i> “ Stellung und untermauern Sie diese mit Belegen	

Zeitplan

Beschreiben Sie für jede Kategorie die für deren Umsetzung vorgesehene Zeit

Vorbereitungszeit: 1 Stunde

Geplante Unterrichtszeit für jedes der STEAM-Fächer STEAM

Biologie und Geologie: 7 Sitzungen à 60 Minuten STEAM Mathematik: 5

Unterrichtsstunden mit insgesamt 500 Minuten

Bewertungszeit:

Unterrichtsmaterialien (Materialien und technologische Hilfsmittel)

Beschreiben Sie die Unterrichtsmaterialien und technischen Hilfsmittel, die in den verschiedenen Unterrichtseinheiten verwendet werden sollen.

Materialien

Die zu verwendenden Materialien sind im entsprechenden Anhang des Szenarios aufgeführt.

Online-Tools

Geogebra: [geogebra.org](https://www.geogebra.org)

CODAP: <https://codap.concord.org/>

Spanisches Geografisches Institut: <https://www.ign.es/web/ign/portal>

Bewertung

Erstbeurteilung

Eine Einstufung ist nicht erforderlich, da die Einheit mit einer Motivationsrunde und einer Erfassung der Vorwissen der Schüler über die Schichten der Erde beginnt.

Bewertungsinstrumente

Beschreiben Sie die Instrumente, die zur Bewertung folgender Bereiche verwendet werden:

- Bewertungsinstrumente in Biologie und Geologie:
 - Sitzung 4: Praktische Übung mit einer Slinky.
 - Sitzung 5: Praktische Übung: Lokalisierung des Epizentrums eines Erdbebens.
 - Sitzung 6: Abschlusstest.
- die Datenwissenschaftskenntnisse der Schüler in Bezug auf bürgerschaftliches Engagement und soziale Gerechtigkeit im Rahmen des von Ihnen geplanten Szenarios:
 - Die von den Schülern in den Lektionen 7, 8 und 10 erstellten Aktivitäten.
 - Das Endprodukt. Verfassen Sie einen journalistischen Artikel
- Die Bereitschaft der Schüler zum Erlernen von Data Science. (Im Unterricht verwendete Anhänge sind willkommen)
 - Die Nachbefragung der DataScEd4CiEn-Schüler.

Literaturhinweise:

Lee, H. S., Wilkerson, M., Grover, S., Shin, H., & Macrander, C. (2022). *Entwicklung der Data-Science-Kompetenzen von Studierenden durch explorative Datenanalyseaufgaben: Ein Rahmenkonzept und Gestaltungsprinzipien*. Journal of the Learning Sciences, 31(1), 60–101.

Anhänge zu Biologie und Geologie:

S1: Warum besteht die Erde aus Schichten?



1. Betrachten Sie das Foto. Was passiert hier? Warum?
2. Hör deinem Lehrer zu und versuche, die fehlenden Angaben in deiner Kopie einzutragen. Machen es mit der blauen Stift.

S1 SA5 Schichten der Erde

3. Teile deinen Teamkollegen mit, was du hast, und umgekehrt; trage die Informationen, die du nicht verstanden hast, mit dem schwarzen Stift ein.
4. Schau dir das Video an und trage die Informationen, die du nicht erhalten hast, mit dem roten Stift ein. Warum hat die Erde Schichten?

Aber... das tiefste Loch in der Erde ist das Kola-Bohrloch, seine Tiefe beträgt 12.262 m, was 12 km/6.378 km (Erdradius) entspricht, mit anderen Worten: Wir haben gerade einmal 0,18 % der Erde durchbohrt. Wie zum Teufel wissen wir also etwas über das Innere der Erde?

S2: Woher weißt du, was sich unter der Erdkruste befindet?

Trotz mehrerer ehrgeiziger Projekte, die Erdkruste vollständig zu durchbohren, ist dies noch nie gelungen. Das hat Wissenschaftler jedoch nicht davon abgehalten, die innere Struktur und Zusammensetzung der Erde zu erforschen und zu verstehen. Es gibt andere Wege, etwas über das Innere der Erde zu erfahren.

1. Wenn zum Beispiel ein Vulkan ausbricht, gelangen **Gesteine aus dem Erdinneren** an die Oberfläche. Eines dieser Gesteine ist **Kimberlit**, ein magmatisches Gestein und eine seltene Variante des Peridotits, das dafür bekannt ist, die Hauptmatrix für Diamanten zu bilden. Und ein Diamant entsteht in einer Tiefe von 150 km, wenn Kohlenstoff kristallisiert. Das liefert uns also Hinweise auf die Zusammensetzung der Gesteine in dieser Tiefe.
2. Zudem zeigen uns **Vulkane**, dass das Material im Erdinneren sehr hohe Temperaturen erreichen kann, was bedeutet, dass **ein direkter Zusammenhang zwischen Tiefe und Temperatur** besteht. Gesteine sind ein sehr gutes Isoliermaterial (aislante). Deshalb ist das Erdinneres nach 4,5 Milliarden Jahren immer noch heiß ist. Woher stammt diese Wärme?

- a. Die Restwärme aus den Kollisionen, die bei der Entstehung der Erde stattfanden.
- b. Der Mantel enthält radioaktive Elemente wie Uran und Thorium, die durch Kernspaltungsreaktionen zu Blei umgewandelt werden und dabei Energie freisetzen.
- c. Der äußere Kern ist flüssig, verfestigt sich jedoch allmählich, wodurch ebenfalls Wärme freigesetzt wird.
- d. Betrachte die Grafik. War die Wärmezufuhr durch radioaktive Elemente immer gleich? Welche Isotope lieferten auf der Ur-Erde die meiste Wärme? Warum liefern sie deiner Meinung nach heute nicht mehr so viel Wärme?

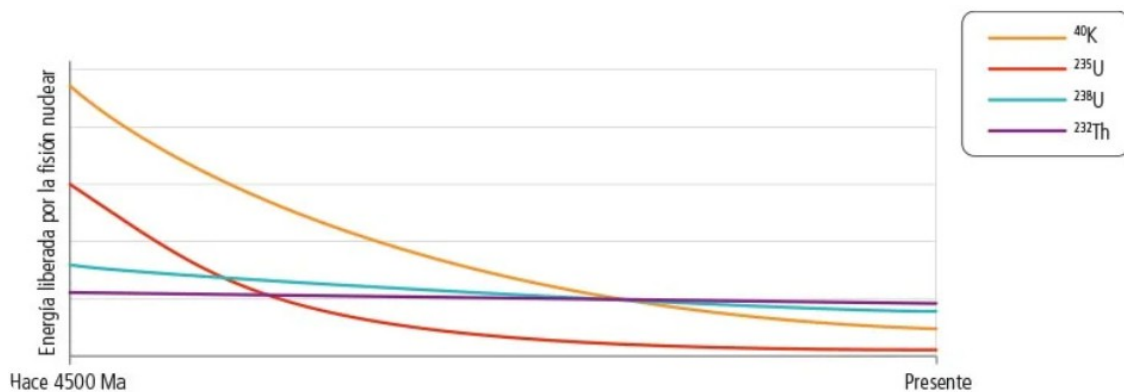


Bild: Sm E-Book Biologie und Geologie 4. Klasse der ESO.

3. Alle Körper im Sonnensystem entstanden zur gleichen Zeit und stammen aus der Materie einer Nebelwolke. Und wir können sagen, dass **Meteoriten** Teil dieser Körper sind. Es gibt Meteoriten, **die aus Eisen und Nickel bestehen**; sie werden Siderite genannt. Andere, die Chondrite, bestehen aus **Silikaten** (Olivin und Pyroxen) wie Peridotit; dies lässt vermuten, dass das **Erdinnere dieselben Materialien enthalten könnte**.
4. **Die Dichte** ist eine Eigenschaft, die uns Aufschluss über die Zusammensetzung des Erdinneren geben kann.
 - a. Berechne die Dichte des häufigsten Gesteins auf der Erdoberfläche: Granit.



Bild: E-Book Biologie und Geologie 4. Klasse der ESO.

- b. Betrachte die Tabelle: Welche Gesteine sind dichter? Die, die wir an der Oberfläche haben, wie Granit, oder die, die wir im Erdinneren haben, wie Chondriten oder Siderite?

	Granit	Chondrit	Siderit
Dichte (g/cm^3)	?	3,3	8,0

- c. Die Masse der Erde beträgt $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$. Ihr Volumen lässt sich anhand ihres Radius berechnen: $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = 1,08 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$. Daraus ergibt sich die durchschnittliche Dichte: $5,5 \text{ g/cm}^3$. Wenn wir also an der Oberfläche Granit mit einer Dichte von $2,75 \text{ g/cm}^3$ und die durchschnittliche Dichte $5,5 \text{ g/cm}^3$ beträgt ...bedeutet das, dass...?

5. **Das Magnetfeld.** Der innere Kern ist fest und besteht aus Eisen und Nickel; außerdem ist er von geschmolzenem Metall (dem äußeren Kern) umgeben, in dem Konvektionsströme und elektrische Ströme im Zusammenhang mit dem Magnetfeld auftreten. Dieses Feld schützt uns vor Sonnenwinden (Protonen, Heliumkerne und Elektronen), die sich mit einer Geschwindigkeit zwischen 300 und 1.200 km/s bewegen. Ohne unser Magnetfeld würden Sonnenwinde unsere Atmosphäre zerstören.

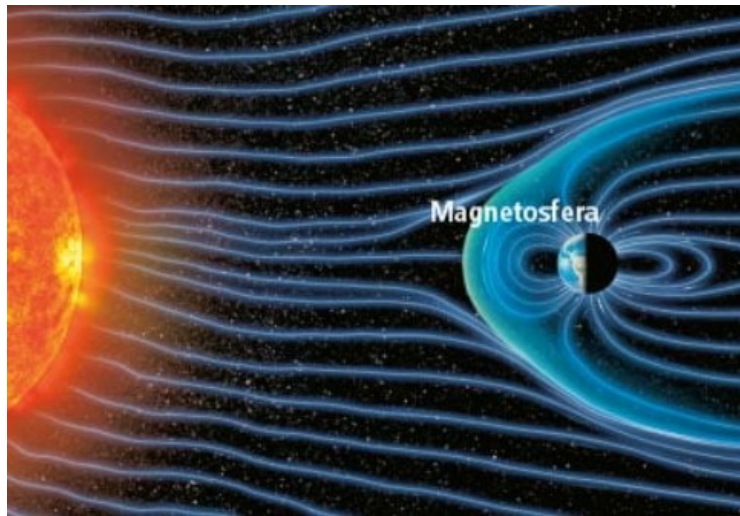


Bild: E-Book „Biologie und Geologie“ für die 4. Klasse der Sekundarstufe I.

6. Seismische Wellen

Seismische Wellen, die bei Erdbeben entstehen, sind die wichtigste Informationsquelle über das Erdinnere. Ihre Geschwindigkeit hängt von dem Material ab, durch das sie sich ausbreiten. Es gibt zwei Arten von Wellen: P-Wellen und S-Wellen. P-Wellen werden sowohl von Feststoffen als auch von Flüssigkeiten übertragen. S-Wellen werden nur durch Feststoffe übertragen.

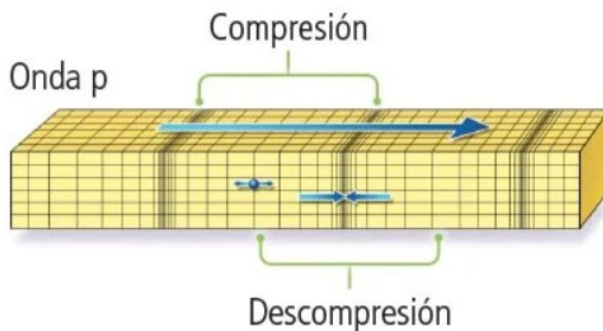


Bild: Sm E-Book Biologie und Geologie 4. Klasse der ESO.

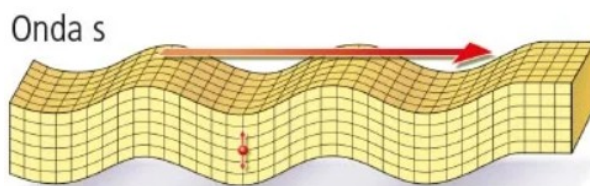


Bild: Sm E-Book Biologie und Geologie 4. Klasse der ESO.

Ein Erdbeben am Punkt O (seismischer Herd) wird nach einer gewissen Zeit an den seismischen Stationen A, B, C und D registriert. Das Bild zeigt die Ausbreitungswege der Wellenfronten und in der Tabelle darunter die Entfernung zwischen dem Herd und den verschiedenen Stationen sowie die Zeit, die vergeht, bis die Wellen die Stationen erreichen.

S3: Seismische Wellen

Kooperatives Lernen: Expertengruppen.

Erinnerst du dich an etwas über seismische Wellen?



Bild aus:  Kolloidale Mischungen und Tyndall-Effekt

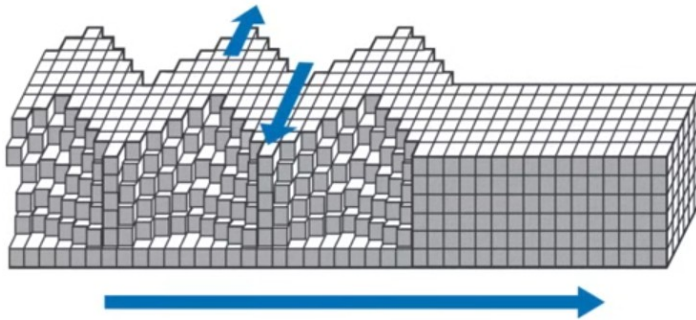
Heute lernen wir mehr über seismische Wellen. Jedes Mitglied jedes Teams trifft sich mit Mitgliedern anderer Teams, um sein Wissen über seismische Wellen zu vertiefen.

Expertengruppe 1. Oberflächenwellen

Seismische Wellen sind Schwingungen, die sich durch die Erde ausbreiten und durch Quellen wie Erdbeben, vulkanische Aktivität oder Explosionen erzeugt werden. Diese Wellen werden je nach ihrer Ausbreitung durch die Erde in zwei Haupttypen unterteilt: **Körperwellen** und **Oberflächenwellen**. Jeder Typ weist unterschiedliche Eigenschaften und Verhaltensweisen auf.

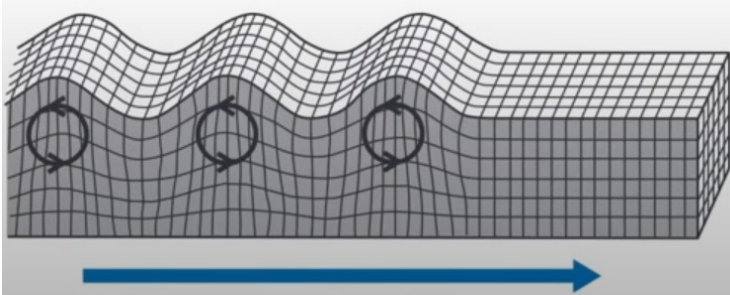
1. Oberflächenwellen

Oberflächenwellen breiten sich entlang der Erdoberfläche aus und sind langsamer als Körperwellen. Sie verursachen bei einem Erdbeben in der Regel die größten Schäden. Es gibt zwei Arten:

a. Love-Wellen

Peycheva (2021). Ausbreitung seismischer Wellen: Love-Wellen (Bild adaptiert nach Olivadoti, 2001)

- **Typ:** Eine Art von Oberflächenwelle, die sich in einer horizontalen, seitlichen Bewegung fortbewegt. Wie eine Schlange.
- **Geschwindigkeit:** Love-Wellen sind schneller als Rayleigh-Wellen, aber langsamer als Körperwellen.
- **Auswirkung:** Sie verursachen aufgrund ihrer horizontalen Bewegung und der starken Erschütterungen, die sie an der Erdoberfläche hervorrufen, erhebliche Schäden.

b. Rayleigh-Wellen

Peycheva (2021). Ausbreitung seismischer Wellen: Rayleigh-Wellen (Bild adaptiert nach Olivadoti, 2001)

- **Typ:** Eine weitere Art von Oberflächenwelle, die eine rollende Bewegung verursacht, ähnlich wie Meereswellen. Der Boden bewegt sich sowohl vertikal als auch horizontal in Richtung der Wellenausbreitung.
- **Geschwindigkeit:** Rayleigh-Wellen sind langsamer als Love-Wellen und in der Regel die langsamsten seismischen Wellen.
- **Auswirkung:** Rayleigh-Wellen führen oft zu vertikalen Bodenbewegungen, die erhebliche Schäden an Gebäuden, Straßen und anderen Bauwerken verursachen können.

Expertengruppe 2. Körperwellen, P-Wellen.

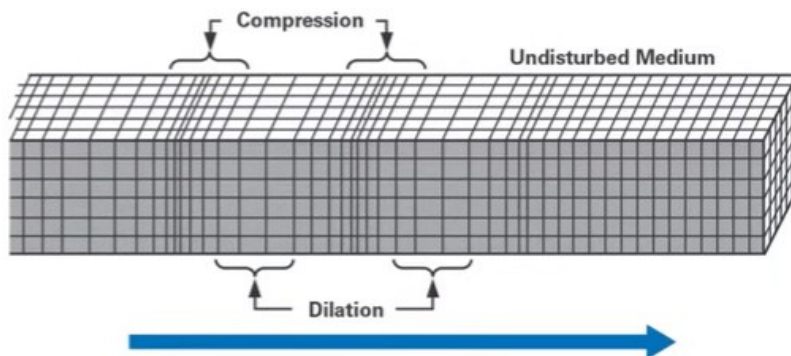
Seismische Wellen sind Schwingungen, die sich durch die Erde ausbreiten und durch Quellen wie Erdbeben, vulkanische Aktivität oder Explosionen erzeugt werden. Diese Wellen werden in zwei Haupttypen

Typen eingeteilt, je nachdem, wie sie sich durch die Erde bewegen: **Körperwellen** und **Oberflächenwellen**. Jeder Typ weist unterschiedliche Eigenschaften und Verhaltensweisen auf.

2. Körperwellen

Körperwellen breiten sich durch das Erdinnere aus und werden in zwei Untertypen unterteilt:

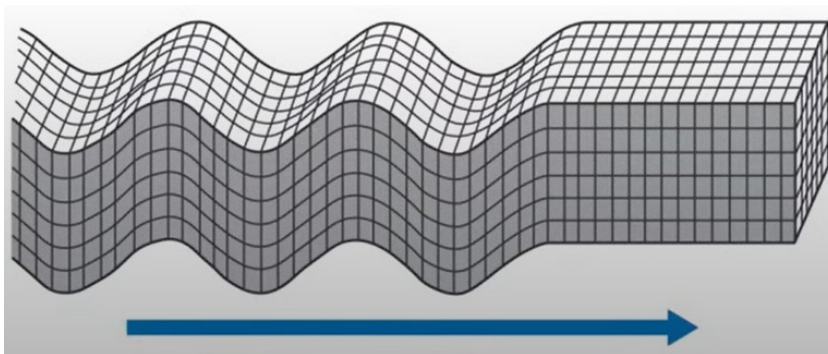
a. Primärwellen (P-Wellen)



Psycheva (2021). Ausbreitung seismischer Wellen: Primärwellen (Bild adaptiert nach Olivadoti, 2001)

- **Typ:** Longitudinalwellen (Kompressionswellen).
- **Bewegung:** P-Wellen bewegen sich in einer Hin- und Herbewegung entlang der Ausbreitungsrichtung (ähnlich wie Schallwellen).
- **Geschwindigkeit:** Sie sind die schnellsten seismischen Wellen und werden von Seismographen als erste erfasst.
- **Medium:** P-Wellen können sich sowohl durch feste als auch durch flüssige Medien ausbreiten.
- **Wirkung:** Aufgrund ihrer Geschwindigkeit sind sie die ersten Wellen, die bei einem Erdbeben registriert werden, verursachen jedoch in der Regel den geringsten Schaden.

Expertengruppe 3. Körperwellen, S-Wellen.



Psycheva (2021). Ausbreitung seismischer Wellen: Sekundärwellen (Bild adaptiert nach Olivadoti, 2001)

Seismische Wellen sind Schwingungen, die sich durch die Erde ausbreiten und durch Quellen wie Erdbeben, vulkanische Aktivität oder Explosionen erzeugt werden. Diese Wellen werden je nach ihrer Ausbreitung durch die Erde in zwei Haupttypen unterteilt: **Körperwellen** und **Oberflächenwellen**. Jeder Typ weist unterschiedliche Eigenschaften und Verhaltensweisen auf.

2. Körperwellen

Körperwellen breiten sich im Erdinneren aus und werden in zwei Unterarten unterteilt:

b. Sekundärwellen (S-Wellen)

- **Typ:** Transversalwellen (Scherwellen).
- **Bewegung:** S-Wellen versetzen den Boden senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle in eine Seitwärts- oder Auf- und Abbewegung.
- **Geschwindigkeit:** S-Wellen sind langsamer als P-Wellen, weshalb sie auf einem Seismographen als Zweites eintreffen.
- **Medium:** S-Wellen können sich nur durch Feststoffe ausbreiten und sind nicht in der Lage, Flüssigkeiten zu durchdringen (z. B. ist der äußere Erdkern flüssig).
- **Auswirkung:** S-Wellen verursachen aufgrund ihrer größeren Amplitude und der seitlichen Schwingungen tendenziell mehr Schäden als P-Wellen.

Zusammenfassung der wichtigsten Unterschiede

Typ	Bewegung	Geschwindigkeit	Medium	Schadensursache
P-Wellen	Kompressionswellen (longitudinal)	Am schnellsten	Fest und flüssig	Geringer Schaden
S-Wellen	Scherwellen (transversal)	Langsamer als P-Wellen	Fest	Mäßige Schäden
Love-Wellen	Horizontal (von Seite zu Seite) Wie eine Schlange	Schneller als Rayleigh-Wellen	Feste Oberfläche	Hoher Schaden
Rayleigh-Wellen	Elliptisch (rollend)	Am langsamsten	Oberfläche	Hoher Schaden

Seismische Wellen spielen eine entscheidende Rolle für das Verständnis der inneren Struktur der Erde und des Verhaltens von Erdbeben.

Expertengruppe 4. Körperwellen und das Erdinnere.

Seismische Wellen sind Schwingungen, die sich durch die Erde ausbreiten und durch Quellen wie Erdbeben, vulkanische Aktivität oder Explosionen erzeugt werden. Diese Wellen werden je nach ihrer Ausbreitung durch die Erde in zwei Haupttypen unterteilt: **Körperwellen** und **Oberflächenwellen**. Jeder Typ weist unterschiedliche Eigenschaften und Verhaltensweisen auf.

Wie sie uns helfen, das Erdinnere zu verstehen:

1. Die Schichten der Erde enthüllen:

- Die Art und Weise, wie sich P-Wellen und S-Wellen durch die Erde ausbreiten, liefert Hinweise auf die verschiedenen Schichten im Inneren des Planeten.
 - **Äußerer Kern:** Da S-Wellen sich nicht durch Flüssigkeiten ausbreiten können, lässt ihre Abwesenheit in bestimmten Regionen der Erde (wie der Schattenzone, einem Bereich auf der Erdoberfläche, in dem keine S-Wellen nachgewiesen werden) darauf schließen, dass der äußere Kern flüssig ist. P-Wellen können den äußeren Kern zwar durchdringen, werden dabei jedoch gebrochen (abgelenkt), was uns hilft, die Dichte und Zusammensetzung dieser Schicht zu verstehen.
 - **Innenkern:** P-Wellen können den Innenkern (der fest ist) durchdringen, was ein Hinweis auf dessen feste Beschaffenheit ist. Die Laufzeiten und Wege dieser Wellen können dabei helfen, die Zusammensetzung und Größe des Innenkerns zu bestimmen.

2. Bestimmung von Zusammensetzung und Dichte:

- Die Geschwindigkeit, mit der sich sowohl P-Wellen als auch S-Wellen durch verschiedene Schichten ausbreiten, gibt Aufschluss über die Dichte und Elastizität des Materials. So deuten langsamere seismische Wellen oft auf weniger dichte oder flüssigere Materialien hin, während schnellere Wellen auf dichtere, festere Materialien hindeuten.

3. Erstellung eines seismischen Modells der Erde:

- Durch die Analyse der Ausbreitung von P- und S-Wellen durch die Erde können Wissenschaftler detaillierte Modelle der inneren Struktur der Erde erstellen, einschließlich der Dicke und Zusammensetzung der Kruste, des Mantels, des äußeren Kerns und des inneren Kerns. Dies wird erreicht, indem untersucht wird, wie seismische Wellen an verschiedenen Grenzen zwischen den Schichten gebrochen, reflektiert oder absorbiert werden.

4. Seismische Tomographie:

- Die seismische Tomographie nutzt die Laufzeiten und Wege seismischer Wellen, um 3D-Bilder des Erdinneren zu erstellen. Diese Technik hat dazu beigetragen,

komplexe Details über die Konvektionsströmungen im Mantel, die Wärmeverteilung und die Dynamik im Erdkern aufzudecken.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass P-Wellen und S-Wellen für das Verständnis des Erdinneren von grundlegender Bedeutung sind. Anhand ihres Verhaltens beim Durchdringen verschiedener Materialien können Seismologen Rückschlüsse auf die Zusammensetzung, den Aggregatzustand (fest oder flüssig) und die Struktur der Erdschichten ziehen.

Machen wir ein kleines Experiment: **Demonstration von P- und S-Seismischen Wellen**

Videos, die dir beim Lernen helfen:

 GCSE Physik – Seismische Wellen #75

 Wie Erdbeben uns das Innere der Erde zeigen Erdbeben

und  Seismologie im Erdinneren

Zu Hause:  **Seismisches Slinky – Eine Analogie für P- und S-Wellen [pädagogisch]**

S4: Experiment zu seismischen Wellen.

Praktische geologische Aktivität zu **P-Wellen (Primärwellen)** und **S-Wellen (Sekundärwellen)** mit einem Slinky:

Schreibe den Titel in dein Heft: Erkundung von Erdbebenwellen mit einem Slinky

Vokabular:

Spirale: Ring, Feder.

Schubbewegung: side-to-side motion.

Praktische Übung: práctica.

Lernziele: Die Schüler werden

1. die Unterschiede zwischen P-Wellen und S-Wellen verstehen.
2. Lernen, wie sich seismische Wellen durch die Erde ausbreiten.
3. Wellenbewegungen mit realen geologischen Phänomenen in Verbindung bringen.

Materialien:

- 1 lange Slinky pro Gruppe (vorzugsweise aus Metall für eine bessere Wellenausbreitung)
- Klebeband oder Marker zum Beschriften
- Stoppuhr (optional)
- Arbeitsblatt mit Leitfragen und Diagrammen

Ablauf der Aktivität:**Teil 1: Einführung in seismische Wellen****1. Einführung und Schlüsselbegriffe:**

- Seismische Wellen entstehen durch Erdbeben, und Körperwellen werden in P-Wellen (Kompressionswellen) und S-Wellen (Scherwellen) unterteilt.
- **P-Wellen** sind Longitudinalwellen und breiten sich schneller aus. Die Teilchen bewegen sich parallel zur Wellenrichtung.
- **S-Wellen** sind Transversalwellen und breiten sich langsamer aus. Die Teilchen bewegen sich senkrecht zur Wellenrichtung.
- Diagramm oder Animation, um zu veranschaulichen, wie sich diese Wellen durch die Schichten der Erde ausbreiten.
 - i.  Animation zu P- und S-Wellen
 - ii. [Seismische Welle – Javalab](#)
 - iii. https://ds.iris.edu/seismon/swaves/index.php?lat=-36&lon=-73&depth=19&mag=8.8&title=2010%20Vor%20der%20Küste%20Chiles&date=2010-02-27T06:34Z&w_terrain=false&wiki=https%3A%2F%2Fwww.iris.edu%2Fhq%2Fetm%2Fevent%2F962

Teil 2: Praktische Übung Übung 1:**Modellierung von P-Wellen**

1. Spannen Sie die Slinky auf einer ebenen Fläche, wobei zwei Schüler jeweils ein Ende halten.
2. Ein Schüler drückt und zieht schnell an seinem Ende der Slinky (zusammendrücken und loslassen), um eine Longitudinalwelle zu erzeugen.
3. Beobachten Sie:
 - Wie sich die Welle entlang der Slinky bewegt.
 - die Richtung der Teilchenbewegung im Vergleich zur Ausbreitung der Welle.
4. Antworten Sie in Ihrem Heft:
 - Was passiert mit dem Abstand zwischen den Windungen, wenn die Welle durchläuft?

Aktivität 2: Modellierung von S-Wellen

1. Halte das Slinky wie zuvor, doch dieses Mal bewegt ein Schüler sein Ende senkrecht zur Längsachse des Slinkys hin und her.

2. Beobachte:

- Wie sich die Wellenform verändert.
- Die Richtung der Teilchenbewegung im Vergleich zur Wellenausbreitung.

3. Antworten Sie in Ihrem Notizbuch:

- Inwiefern unterscheidet sich diese Bewegung von P-Wellen?

Teil 3: Vergleich von P-Wellen und S-Wellen**1. Erzeuge beide Wellentypen nacheinander und beobachte den Geschwindigkeitsunterschied:**

- Bewegen Sie die Slinky für P-Wellen hin und her.
- Bewegung von einer Seite zur anderen für S-Wellen.

2. Antworten Sie in Ihrem Notizbuch:

- Berücksichtige dabei nur die gemachte Beobachtung: Welche Wellen scheinen schneller zu sein, die P-Wellen oder die S-Wellen?
- Ist das in der Realität auch so, und warum glaubst du, dass es im Modell so ist?

Teil 4: Schlussfolgerungen**1. Antwort in dein Heft:**

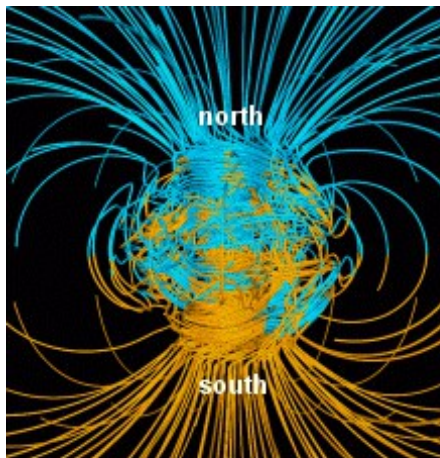
- Warum erreichen P-Wellen bei einem Erdbeben zuerst die Seismometer?
- Warum verschwinden S-Wellen im äußeren Erdkern?
- Was ist der Unterschied zwischen S-Wellen und P-Wellen?
- Was passiert mit der Geschwindigkeit der Wellen, wenn die Dichte des Materials, durch das sie sich ausbreiten, zunimmt?
- Was passiert mit P-Wellen, wenn sie sich durch eine Flüssigkeit ausbreiten?
- Zeichne die Teilchenbewegung von P-Wellen und S-Wellen auf und beschrifte sie.
- Schlagen Sie nach, was die Schattenzone ist.

S5: Das Erdmagnetfeld, unser Schutzschild und die Ortung des Epizentrums von Erdbeben

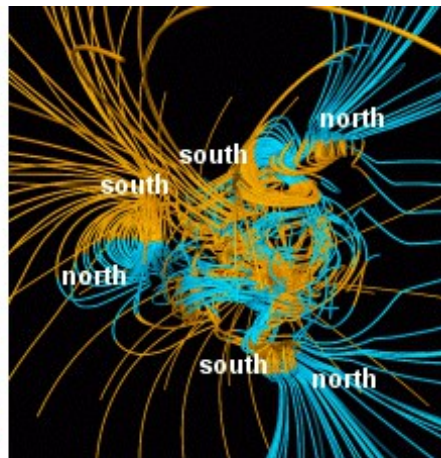
Teil 1: Das Erdmagnetfeld, unser Schutzschild

Das Erdmagnetfeld durchläuft im Laufe geologischer Zeiträume Umkehrungen, was bedeutet, dass **es seine Polarität wechseln kann – Nord wird zu Süd und umgekehrt**. Dieser als

geomagnetische Umkehrung, findet nicht in regelmäßigen Abständen statt, sondern erstreckt sich über Zeiträume von Tausenden bis Millionen von Jahren.



zwischen den Umkehrungen

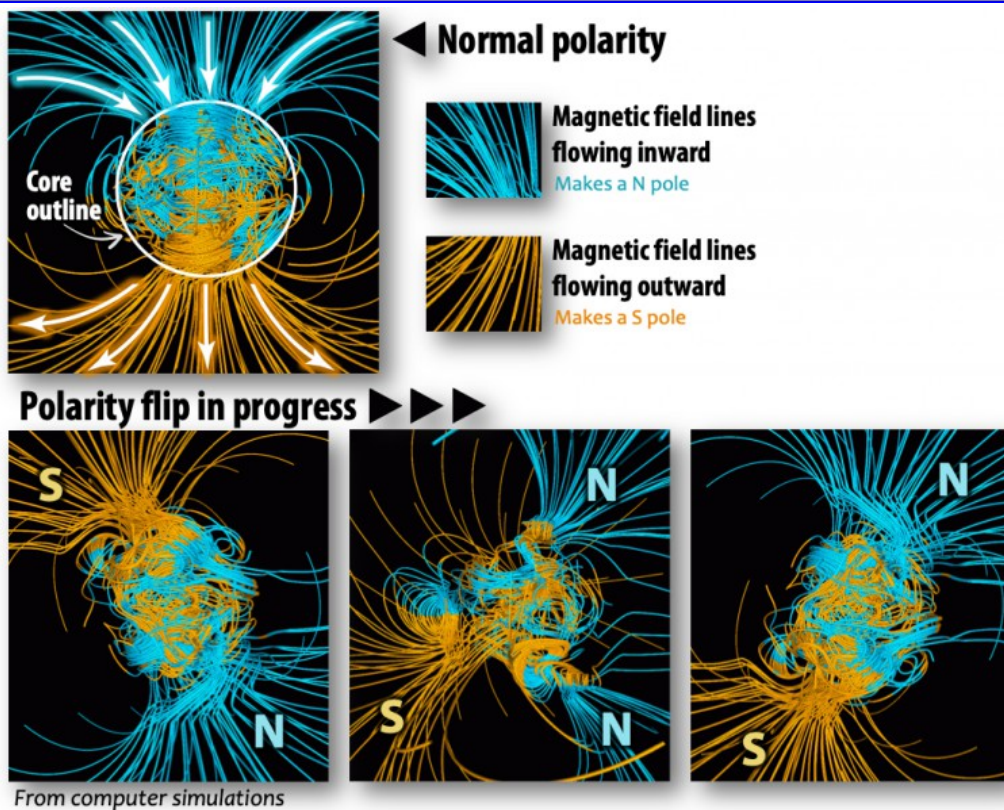


während einer Umkehrung

Bild: Glatzmaiers und Roberts (1995). Eine dreidimensionale, selbstkonsistente Computersimulation einer geomagnetischen Umkehr

Im Durchschnitt **kehrt sich das Erdmagnetfeld alle 200.000 bis 300.000 Jahre um**, wobei es erhebliche Schwankungen gibt. So fand beispielsweise die letzte Umkehrung, die Brunhes-Matuyama-Umkehrung, **vor etwa 780.000 Jahren** statt. Die Zeit, die für den Abschluss einer Umkehrung benötigt wird, kann von **einigen Tausend bis zu mehreren Zehntausend Jahren** reichen.

Während des Umkehrprozesses kehrt sich **das Feld** nicht einfach augenblicklich um. Stattdessen **wird es schwächer, gerät in Unordnung und kann mehrere Pole auf verschiedenen Breitengraden aufweisen, bevor es sich in der neuen Ausrichtung stabilisiert**. Dieser Prozess vollzieht sich allmählich im Laufe der Zeit, doch gibt es für jede einzelne Umkehrung keinen genauen Zeitplan.



<https://pressbooks.bccampus.ca/physicalgeologyh5p/chapter/3-4-earths-magnetic-field-2/>

Die nächste Umkehrung des Magnetfelds, bekannt als geomagnetische Umkehrung, hätte erhebliche, aber keine katastrophalen Folgen. Hier sind die wichtigsten möglichen Folgen:

1. Schwächung des Erdmagnetfelds

- Während einer Umkehrung wird das Erdmagnetfeld deutlich schwächer. Dies könnte zu einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Sonnenstrahlung und kosmischer Strahlung führen. Ein schwächeres Magnetfeld würde bedeuten, dass **mehr Sonnen- und kosmische Strahlung die Erdoberfläche erreichen könnte**.
- Die Magnetosphäre, die die Erde vor diesen energiereichen Teilchen schützt, könnte für einen bestimmten Zeitraum nicht das übliche Schutzniveau bieten. Dies könnte potenziell das Strahlenrisiko für Astronauten und den Flugverkehr in großen Höhen erhöhen und **möglicherweise sogar das Krebsrisiko über lange Zeiträume für Menschen steigern, die in höheren Lagen oder in der Nähe der Pole leben**.
- Die erhöhte Exposition gegenüber geladenen Teilchen könnte Satelliten stören und zu möglichen Schäden an **elektronischen Schaltkreisen** führen.
- Erhöhte Sonnenstrahlung während einer Magnetfeldumkehr **könnte zu stärkeren Störungen bei Kommunikationssystemen führen, die auf Funkwellen angewiesen sind, wie beispielsweise GPS, Satellitenkommunikation und Rundfunkübertragungen**.

- **Auswirkungen auf die Orientierung von Tieren.** Viele Tiere, wie Zugvögel und Meeresschildkröten, orientieren sich mithilfe des Erdmagnetfelds. Eine Umkehrung könnte diese Prozesse möglicherweise stören, wobei unklar ist, wie gravierend die Auswirkungen wären. Einige Arten könnten sich möglicherweise anpassen, andere hingegen könnten auf ihren Wanderungen Schwierigkeiten haben.
- Das abgeschwächte Feld könnte **zu intensiveren Polarlichtern** (Nord- und Südlichter) in Breitengraden **führen**, die weiter von den Polen entfernt sind, da Sonnenpartikel tiefer in die Atmosphäre vordringen.
- Geomagnetische Stürme und hochenergetische Teilchen könnten **elektronische Systeme wie Stromnetze stören** und zu schädlichen Stromstößen in Satelliten und Stromleitungen führen.

2. Geophysikalische Veränderungen

- Obwohl eine geomagnetische Umkehrung nicht direkt Vulkanausbrüche oder Erdbeben verursacht, wird angenommen, dass der Prozess mit langfristigen Veränderungen in der Dynamik des Erdinneren zusammenhängt. Das sich verschiebende Magnetfeld könnte mit anderen Prozessen im Erdinneren in Verbindung stehen, doch gibt es keine direkten Beweise, die geomagnetische Umkehrungen mit Katastrophen an der Erdoberfläche in Verbindung bringen.

3. Auswirkungen auf das Klima (ungewiss)

- Es gibt keine schlüssigen Beweise dafür, dass geomagnetische Umkehrungen signifikante Klimaveränderungen verursachen. Es gibt jedoch Spekulationen, dass Veränderungen der Sonneneinstrahlung aufgrund von Schwankungen im magnetischen Schutzschild der Erde geringfügige Auswirkungen auf Klimamuster haben könnten.
- Das Magnetfeld beeinflusst in erster Linie die Sonneneinstrahlung und weniger die Gesamttemperatur der Erde.

Fazit

Da die Umkehrung schrittweise erfolgt, ist es unwahrscheinlich, dass ihre Auswirkungen auf einmal spürbar werden und auf menschlicher Zeitskala zu erheblichen Störungen führen. Eine geomagnetische Umkehrung ist zwar nicht unmittelbar katastrophal, könnte jedoch dauerhafte Auswirkungen auf Technologie, die Orientierung von Tieren und weltraumgestützte Infrastruktur haben. Der Übergang würde sich jedoch über einen sehr langen Zeitraum erstrecken, was Anpassungs- und Abmilderungsmaßnahmen ermöglichen würde. Die unmittelbarste Sorge wäre wahrscheinlich die erhöhte Strahlenbelastung und deren Auswirkungen auf empfindliche Elektronik und Systeme. Die Umkehrung ist ein natürliches, wenn auch seltenes Ereignis in der geologischen Geschichte der Erde, und der Planet hat zahlreiche Umkehrungen durchlaufen, ohne dass damit bekannte Massensterben oder irreversible Klimaveränderungen verbunden waren.

Teil 2: Praktische Übung: Das Epizentrum eines Erdbebens bestimmen

Praktische Übung: Das Epizentrum eines Erdbebens lokalisieren

Wissenschaftler nutzen die **Zeitdifferenz zwischen dem Eintreffen von P-Wellen und S-Wellen** an einer seismischen Station, um die Entfernung der Station vom Epizentrum des Erdbebens zu berechnen. Diese Methode wird als **Triangulation** bezeichnet und umfasst die folgenden Schritte:

1. P-Wellen und S-Wellen verstehen:

P-Wellen (Primärwellen) sind schnellere seismische Wellen und erreichen die seismische Station als erste.

S-Wellen (Sekundärwellen) sind langsamer und treffen nach den P-Wellen ein.

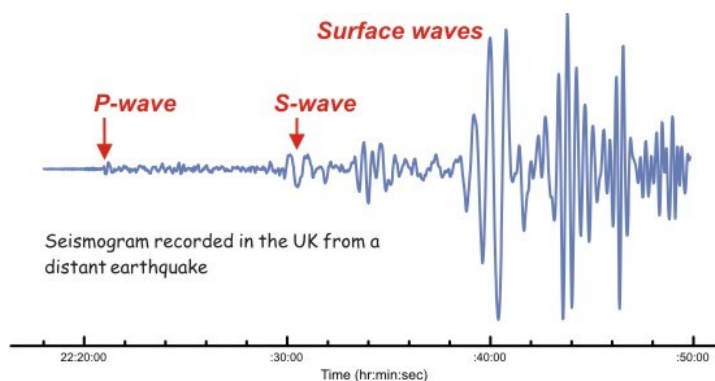


Bild: https://earthquakes.bgs.ac.uk/education/eq_guide/eq_booklet_how_we_measure.htm

Der **Amplitudenunterschied zwischen S-Wellen und P-Wellen** auf einem Seismographen hängt mit den physikalischen und dynamischen Eigenschaften dieser seismischen Wellen zusammen. P-Wellen sind Longitudinalwellen, deren Bewegungsart eine geringere Verformung des Mediums mit sich bringt, was zu **kleineren Amplituden** auf dem Diagramm führt, während S-Wellen Transversalwellen sind, sodass diese Art der Bewegung eine stärkere Verformung des Materials verursacht, was zu **größeren Amplituden** auf dem Seismographen führt

2. Zeitunterschied und Entfernung:

Die Differenz der Ankunftszeiten zwischen P-Wellen und S-Wellen (bezeichnet als $\Delta T = T_S - T_P$) nimmt mit der Entfernung vom Epizentrum des Erdbebens zu. Seismologen nutzen diese Zeitdifferenz, um abzuschätzen, wie weit entfernt das Erdbeben stattfand.

Eine als **Laufzeitkurve** bezeichnete Kurve oder eine Gleichung wird verwendet, um ΔT mit der Entfernung zwischen dem Seismographen und dem Epizentrum in Beziehung zu setzen.

3. Bestimmung des Epizentrums:

So lokalisieren Sie das Epizentrum:

Messen Sie die Zeitdifferenz (ΔT \Delta T) zwischen dem Eintreffen der P-Welle und der S-Welle an einer Seismische Station. Berechnen Sie anhand der Laufzeitkurve die Entfernung (D) von der seismischen Station zum Epizentrum.  Bestimmung der Entfernung zum Epizentrum

Wiederholen Sie diesen Vorgang für mindestens drei seismische Stationen. Jede Station bestimmt einen Kreis auf einer Karte, wobei die Station im Mittelpunkt liegt und der Radius der berechneten Entfernung D entspricht. Der Schnittpunkt dieser Kreise markiert die Lage des Epizentrums.

4. Warum drei Stationen?

Die Verwendung von drei Stationen gewährleistet eine genaue Ortung; zwei Stationen grenzen den Ort auf zwei mögliche Punkte ein (wo sich die beiden Kreise schneiden). Drei Stationen liefern einen eindeutigen Schnittpunkt. Dieser Triangulationsprozess ermöglicht es Wissenschaftlern, das Epizentrum des Erdbebens mit hoher Präzision zu bestimmen.

Übung: Das Epizentrum eines Erdbebens lokalisieren

Finden Sie das Epizentrum dieses Erdbebens, das an drei verschiedenen seismischen Stationen registriert wurde:

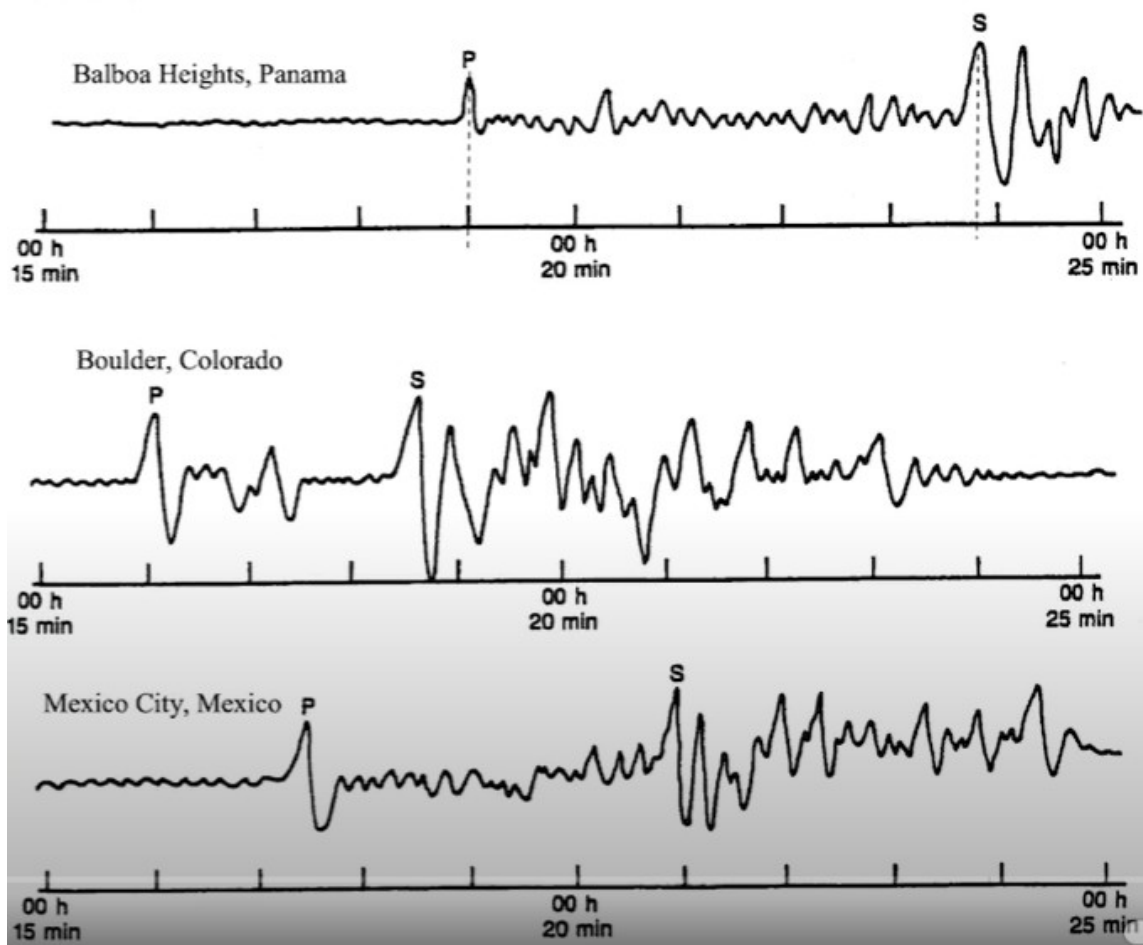


Bild:  So finden Sie das Epizentrum eines Erdbebens

Datentabelle:

Stadt	Unterschied zwischen P-Welle und S-Welle	Entfernung zum Epizentrum
Balboa Heights		
Boulder		
Mexiko-Stadt		

Laufzeit von P- und S-Wellen bei Erdbeben

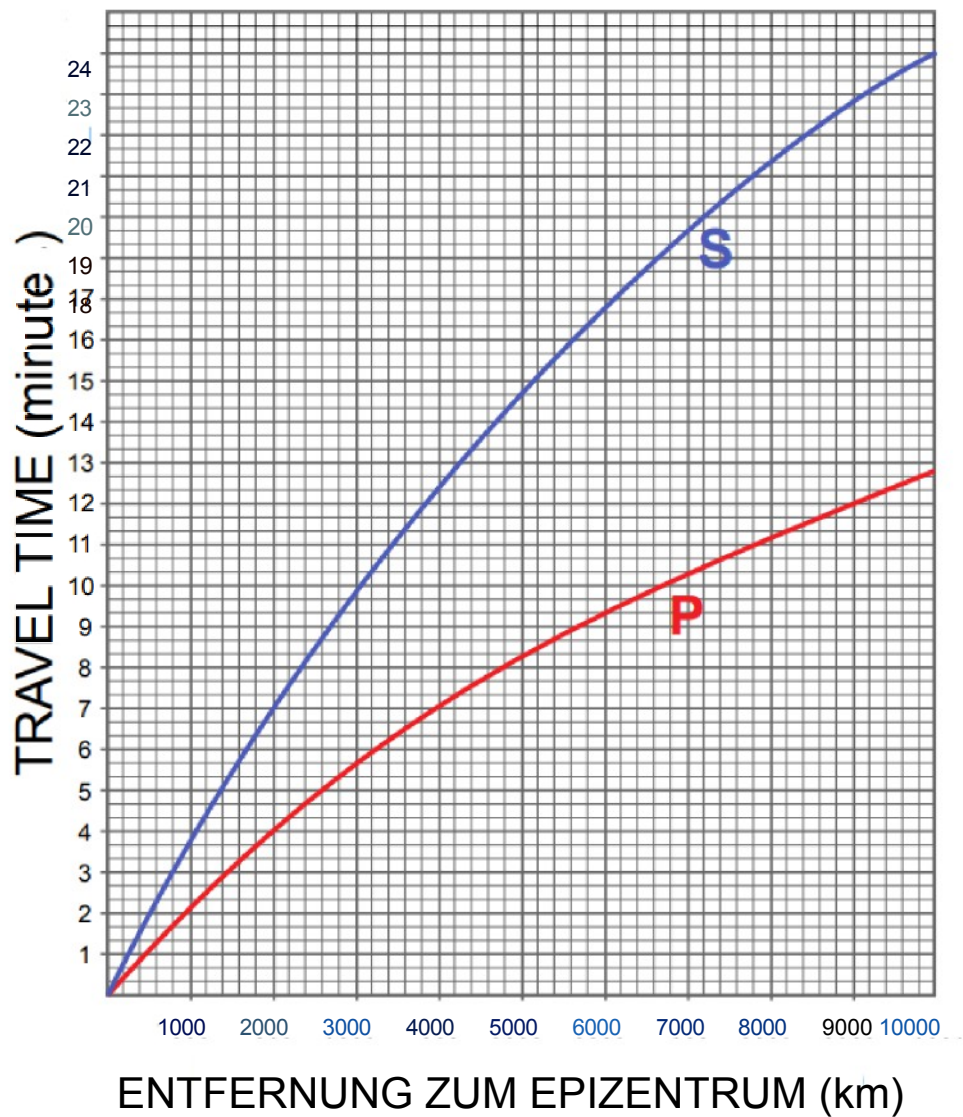


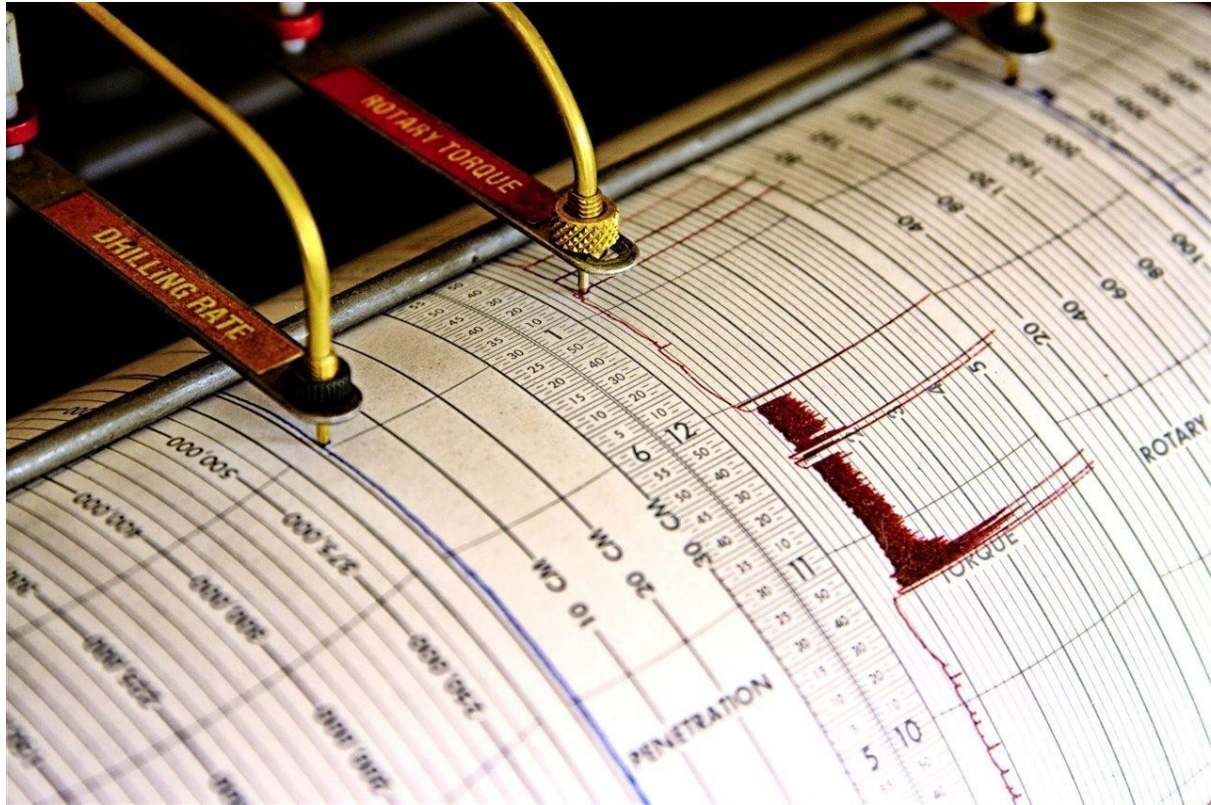
Bild: https://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net/files/mathyouneed/p-s_wave_plot.pdf



Bild: [Wie man das Epizentrum eines Erdbebens findet](#)

Lösung: [So finden Sie das Epizentrum eines Erdbebens](#)

Mathematik-Anhänge: Mit bürgerschaftlichem Engagement dafür sorgen, dass ein Erdbeben kein gesellschaftliches Problem ist!



https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/terremoto-como-medir-e-scala-richter_18965

Begründung

Die historische Analyse des Erdbebens vom 1. November 1755, eines der zerstörerischsten Erdbeben, die in den Annalen der Geowissenschaften verzeichnet sind, hat sich auf die Wahrnehmung des Ereignisses und die philosophischen Fragen konzentriert, die es hervorgerufen hat. Angesichts der Zerstörung, die es anrichtete, und der Auswirkungen, die es in Lissabon und in der Bucht von Cádiz hatte, hinterließ es eine umfangreiche Sammlung von Dokumenten und ikonografischen Elementen, die seit Beginn des letzten Jahrhunderts in der historischen Seismologie genutzt werden. Die Analyse der historischen Quellen zeigt, dass das Erdbeben von Lissabon einen Meilenstein in der Wahrnehmung der „Anomalien“ der Natur darstellte und die fragile Stellung des Menschen angesichts der zerstörerischen Auswirkungen einer gewaltigen und unerwarteten Katastrophe deutlich machte (Araujo, 2021).

Im Gegensatz zu Lissabon galt die spanische Hafenstadt Cádiz als auf wundersame Weise gerettet, trotz der in den Schilderungen der Bürger zum Ausdruck gebrachten Ängste: *„Die Flut weckte Befürchtungen, die Stadt könnte untergehen [...] Das Wasser riss die Brüstung der Stadtmauer auf der Westseite nieder [...]. In den Häusern des kleinen überfluteten Gebiets flossen etwa 3 oder 4 Fuß Wasser. Die Frauen und drei Kinder ertranken dort. Das ist der gesamte Schaden, den das Meer der Stadt zugefügt hat.“* Alle Berichte über den Tag in Cádiz weisen auf Schäden im selben Gebiet hin, nämlich an der Westfront der Stadtmauer, entlang der Bucht und des Strandes namens *La Caleta*, zwischen dem Fort *Santa Catalina* und dem Steg zum Fort *San*



Sebastián.

Abbildung 1. Relative Lage der Orte, die in der Darstellung der Schäden an der Stadt erwähnt werden (Blanc, 2008)

Die Auswirkungen eines Erdbebens lassen sich im Allgemeinen in folgende Kategorien einteilen:

1. physische Auswirkungen,
2. soziale Auswirkungen (die Auswirkungen auf die Menschen),
3. wirtschaftliche Auswirkungen (die Auswirkungen auf den Wohlstand einer Region)
4. ökologische Auswirkungen (die Auswirkungen auf die Landschaft).

Es ist seit langem ein Traum von Seismologen, Geologen und Behördenvertretern für die öffentliche Sicherheit, Ort, Stärke und Zeitpunkt von Erdbeben so genau vorhersagen zu können, dass die Gefahr für die Bevölkerung und Schäden an der Infrastruktur minimiert werden können. Es wurden viele verschiedene Vorhersagemethoden untersucht, darunter die Beobachtung von Vorbeben, Veränderungen der Magnetfelder, seismische Schwingungen, Schwankungen des Grundwasserspiegels, ungewöhnliches Verhalten von Tieren, beobachtete Periodizität, Überlegungen zur Spannungsübertragung und andere. Bislang hat keine der Forschungen zur Erdbebenvorhersage eine zuverlässige Methode hervorgebracht. Das Problem bei Erdbebenvorhersagen ist, wie bei jeder anderen Art von Vorhersage auch, dass sie in den meisten Fällen genau sein müssen (Earle, 2015).

Mit dem Ziel, Erdbeben vorherzusagen, hat das Lincoln Laboratory des Massachusetts Institute of Technology einige Schlüsselmerkmale der von ihnen entwickelten künstlichen Intelligenz festgelegt:

- Algorithmische Modelle werden anhand von mehr als 10 Jahren an Ionosphären-TEC-Daten trainiert, die mit über 10.000 Erdbeben in Verbindung stehen.
- Ziel ist es, präseismische Erdbebensignale nach Magnitude, geografischer Region und Ereignisfenster zu klassifizieren.
- Es wurden verschiedene Arten von Methoden des maschinellen Lernens getestet, die die Eignung der Verwendung von TEC-Daten belegen.

Schauen wir uns an, wie dieses maschinelle Lernen funktioniert:

<https://youtu.be/3gWlQ8pY9XA?si=FoXnChdQAfgj2VRu> Kannst du seismischen Forschern und KI dabei helfen,

[Erdbeben?](#) Das ist das Ziel dieser Lernsituation: Mit Hilfe von Mathematik der Sekundarstufe die Wahrscheinlichkeit eines Erdbebens in Puerto Real vorherzusagen.

Wir lernen:

MAB.4.A.1.2. Größen mit der erforderlichen Genauigkeit als reelle Zahlen ausdrücken.

MAB.4.A.1.3. Verschiedene Darstellungen derselben Größe.

MAB.4.A.2.1. Rechenoperationen mit reellen Zahlen zur Lösung kontextbezogener Aufgaben durchführen.

MAB.4.A.2.2. Umkehrbare Eigenschaften und Beziehungen von Rechenoperationen (Addition und Subtraktion; Multiplikation und Division; Quadrieren und Ziehen der Quadratwurzel): Rechenoperationen mit reellen Zahlen, einschließlich digitaler Hilfsmittel.

MAB.4.B.2. Veränderung. Grafische Untersuchung von Wachstum und Abnahme von Funktionen in alltäglichen Kontexten mit Hilfe technologischer Hilfsmittel: absolute, relative und durchschnittliche Änderungsraten.

MAB.4.D.3. Variable.

Variablen: Zuordnung symbolischer Ausdrücke zum Kontext der Aufgabe und verschiedene Verwendungsmöglichkeiten.

MAB.4.E.1.1. Strategien zum Sammeln und Organisieren von Daten aus einer Alltagssituation, die eine zweidimensionale statistische Variable beinhaltet. Kontingenztafeln.

MAB.4.E.1.2. Analyse und Interpretation von statistischen Tabellen und Grafiken mit einer qualitativen, diskreten quantitativen und kontinuierlichen quantitativen Variablen in realen Kontexten.

MAB.4.E.1.3. Lage- und Streuungsmaße: Interpretation und Analyse der Variabilität.

MAB.4.E.1.4. Statistische Grafiken mit einer und zwei Variablen: Darstellung unter Verwendung verschiedener Technologien (Taschenrechner, Tabellenkalkulation, Anwendungen ...), Analyse, Interpretation und Ableitung fundierter Schlussfolgerungen.

MAB.4.E.1.5. Interpretation der Beziehung zwischen zwei Variablen, grafische Beurteilung der Relevanz einer linearen Regression mithilfe technologischer Hilfsmittel. Lineare Anpassung mit technologischen Hilfsmitteln.

MAB.4.E.2.1. Kombinierte Experimente: Planung, Durchführung und Analyse der damit verbundenen Unsicherheit.

MAB.4.E.2.2. Wahrscheinlichkeit: Berechnung unter Verwendung der Laplace-Regel und Zähltechniken bei einfachen und zusammengesetzten Experimenten (unter Verwendung von Baumdiagrammen, Tabellen...) sowie Anwendung auf fundierte Entscheidungsfindung.

S1 und S2. Erkennen von Mustern bei historischen Erdbeben

1. Sehen Sie sich das nächste Video an:
<https://youtu.be/1jBHvWIRbFE?si=UvYLGt5wzXqzDOqa>
und fasse zusammen, wie historische Daten dabei helfen können, zukünftige Erdbeben vorherzusagen und sich darauf vorzubereiten.
2. Überlege dir, wie viele Erdbeben mit einer Stärke von mindestens 1,5 in den letzten zehn Tagen auf der Iberischen Halbinsel und den Kanarischen Inseln aufgetreten sind.
3. Rufen Sie die Webseite des Instituto Geográfico Nacional auf und recherchieren Sie zu folgenden Themen:
Wie viele Erdbeben mit einer Stärke von mindestens 1,5 haben sich in den letzten 10 Tagen ereignet?
<https://www.ign.es/web/en/ign/portal/ultimos-terremotos>
4. Rufen Sie den Erdbebenkatalog von 1370 n. Chr. bis heute auf und suchen Sie die Daten für den Zeitraum vom 01.01.2015 bis heute.
<https://www.ign.es/web/ign/portal/sis-catalogo-terremotos>
 - a. Wie viele Erdbeben haben sich seit dem 01.01.2015 ereignet?
 - b. Welche Variablen enthält die Tabelle?Wenn Sie keinen Zugriff auf die Tabelle haben, können Sie die unter  **IGN_catalogue** folgendem Link erstellte Tabelle nutzen:
5. Greifen Sie auf die CODAP-Stichprobe von 5000 Fällen der Erdbebendaten zu und führen Sie eine Datenanalyse durch:
https://codap.concord.org/app/static/dg/en/cert/_shared=https%3A%2F%2Fcfm-shared.concord.org%2FdCwE7Mq3YwZV5BJnzTTD%2Ffile.json
 - a. Fassen Sie für die Variable „Tiefe“ die Maße für Zentrum, Position und Streuung (Verteilung) in einem Diagramm zusammen und stellen Sie diese hier dar
 - b. Fassen Sie für die Variable „Magnitude“ die Maße für Zentrum, Position und Streuung in einem Diagramm zusammen und stellen Sie sie hier dar.
 - c. Ein Streudiagramm, das die Tiefe und die Magnitude in Beziehung setzt, sowie die Regressionsgerade (Gerade der kleinsten Quadrate und Darstellung der Anpassungsunsicherheit).
 - d. Interpretieren Sie die Ergebnisse und ziehen Sie Schlussfolgerungen zu den Mustern der Erdbeben der letzten zehn Jahre (250 Wörter)
6. In den Zeitungen vom 20. Januar 2015 stand:

„Ein zweites Erdbeben im Golf von Cádiz in den frühen Morgenstunden der vergangenen Nacht.

Das Beben hatte eine Stärke von 4,2 auf der Richter-Skala und ereignete sich 60 Kilometer vor der Küste von Cádiz.“

Zugriff auf die Stichprobe der Erdbebendaten aus dem Golf von Cádiz, die Sie unter dem folgenden Link finden:

<https://codap.concord.org/app/static/dg/en/cert/shared=https%3A%2F%2Fcfm-shared.concord.org%2FXCYuXmSxMj0h68B0R25O%2Ffile.json>

- a. Suchen Sie nach zeitlichen Mustern bei Erdbeben mit einer Tiefe von über 60 km und einer Stärke von über 4 mg.
- b. Filtern Sie die Erdbeben heraus, die beide Bedingungen erfüllen, und tragen Sie sie in eine Karte ein.
- c. Interpretiere die Ergebnisse und suche nach Mustern.
- d. Ziehe Schlussfolgerungen zur Wahrhaftigkeit der Informationen in der Zeitung.

S3 und 4. Verständnis der bedingten Wahrscheinlichkeit zur Vorhersage des Auftretens eines Erdbebens in Puerto Real

Das Ziel besteht darin, unter Berücksichtigung verschiedener Kontingenztafeln die unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten eines Erdbebens zu ermitteln, das Cádiz betreffen könnte.

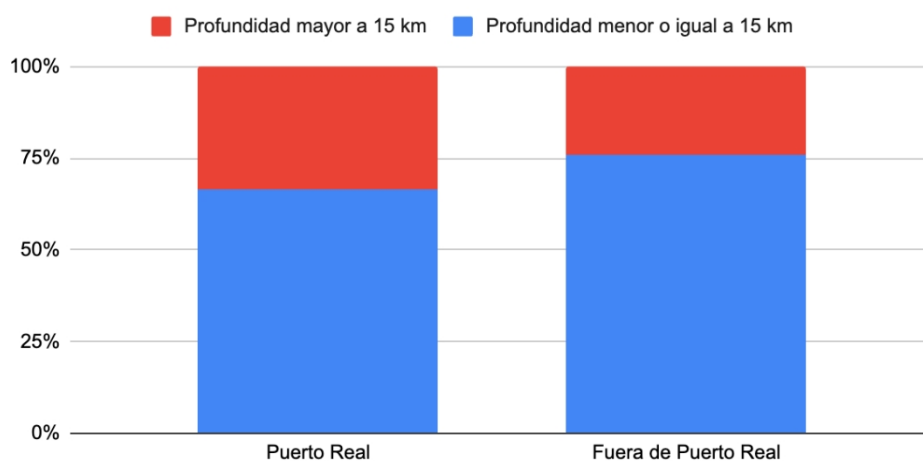
Eine Kontingenztafel ist eine der gängigsten Methoden zur Zusammenfassung kategorialer Daten. Im Allgemeinen liegt der Fokus darauf, ob ein Zusammenhang zwischen einer als Zeile bezeichneten Variablen und einer als Spalte bezeichneten Variablen besteht, und die Stärke dieses Zusammenhangs wird berechnet.

Beispielsweise setzt die Kontingenztafel die Anzahl der Erdbeben, die zwischen dem 1. Januar 2008 und dem 2. Februar 2024 auftraten, mit der Tiefe der Erdbeben in Beziehung.

Tabelle	Puerto Real	Außerhalb von Puerto Real	Gesamt
Tiefe kleiner oder gleich 15 km	2	105392	105394
Tiefe größer als 15 km	1	33486	33487
Gesamt	3	138878	138881

Daten können grafisch dargestellt werden:

Puerto Real y Fuera de Puerto Real



Tabla

Wendet man die Laplace-Regel an, die besagt: Wenn alle Ergebnisse eines Zufallsexperiments gleichwahrscheinlich sind, definiert Laplace die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses A als das Verhältnis der Anzahl der für das Eintreten des Ereignisses A günstigen Ergebnisse im Experiment zur Anzahl der möglichen Ergebnisse des Experiments. Somit lässt sich dies mit der folgenden Formel zusammenfassen.

$$P(A) = \frac{\text{Number of favourable cases to } A}{\text{Total number of possible cases}}$$

Wahrscheinlichkeitstabelle	Ereignis A	Ergebnis Nr. A	Gesamt
Ergebnis B	P(A und B)	P(kein A und B)	P(B)
Ergebnis kein B	P(A und kein B)	P(kein A und kein B)	P(kein B)
Gesamt	P(A)	P(kein A)	1

Darüber hinaus lassen sich bedingte Wahrscheinlichkeiten oder sogenannte „a posteriori“-Wahrscheinlichkeiten bestimmen:

In einem Experiment, das aus zwei Ereignissen besteht, wobei A ein Ereignis ist, das dem ersten entspricht, und B ein Ereignis, das dem zweiten entspricht, haben Sie gesehen, wie $P(B)$ unter Berücksichtigung der verschiedenen Wege, über die es erreicht werden kann, berechnet wird.

Manchmal ist es interessant, die Wahrscheinlichkeit $P(A/B)$ zu kennen, d. h. wenn wir bereits wissen, dass S im zweiten Versuch eingetreten ist, fragen wir uns, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass dies durch A erreicht wurde.

Dies ist eine bedingte Wahrscheinlichkeit:

$$P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

1. Bestimmen Sie dies anhand der Kontingenztafel im obigen Beispiel:
 - a. Vervollständigen Sie die Wahrscheinlichkeitstabelle
 - b. Berechne die Wahrscheinlichkeit, dass das Epizentrum des Erdbebens in Puerto Real lag, wenn wir wissen, dass es in einer Tiefe von weniger als 15 km stattfand.
 - c. Berechne die Wahrscheinlichkeit, dass das Epizentrum in Puerto Real lag, wenn wir wissen, dass es in einer Tiefe von mehr als 15 km stattfand.
 - d. Ziehe eine Schlussfolgerung zur Wahrscheinlichkeit eines verheerenden Erdbebens in Puerto Real.

Wir wissen, dass Erdbeben mit einer Stärke von mehr als 5 MbLg in dicht besiedelten Gebieten schwere Schäden verursachen können, wenn ihr Epizentrum in einer Tiefe von weniger als 15 km liegt.

2. Bestimmen Sie anhand der Kontingenztafel:

Kontingenztafel	Stärke kleiner als 6	Stärke größer oder gleich 6	Gesamt
Tiefe kleiner oder gleich 15 km	105390	2	105392
Tiefe größer als 15 km	33485	2	33487
Gesamt	138875	4	138879

- Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit eines Erdbebens mit einer Stärke von mindestens 6 und einer Tiefe von höchstens 15 km?
- Wenn wir wissen, dass die Magnitude größer oder gleich 6 war, wie hoch ist dann die Wahrscheinlichkeit, dass die Tiefe kleiner als 15 km ist?

3. Zugriff auf den IGN-Erdbebenkatalog ab dem 1. Januar 2015, den Sie unter folgendem Link finden:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1OwZaRX62fqj8AWZHcuG4L-rVQTEURyhA2qjj2pY65b8/edit?usp=sharing>

- Kopieren Sie alle Spalten und starten Sie CODAP:
<https://codap.concord.org/>
- Wählen Sie die Tabelle aus und importieren Sie eine neue Zufallsstichprobentabelle aus der Zwischenablage.
- Wählen Sie aus den drei Zeilen die Importaktion aus und fügen Sie den folgenden Link ein, der dem „Arbor-Entscheidungsbaum-Algorithmus“ entspricht: <https://codap.xyz/plugins/arbor/>
- Führen Sie eine Entscheidungsbaum-Datenanalyse durch, wobei Sie den Ort, eine Tiefe von weniger als 15 km und eine Stärke von mehr als 6 Mg berücksichtigen.
Wo wird das Erdbeben voraussichtlich stattfinden?
- Verwenden Sie den Entscheidungsbaum, um eine Kontingenztafel zu erstellen und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Erdbebens mit einer Tiefe von weniger als 15 km und einer Magnitude von mehr als 6 Mg zu bestimmen

4. Führen Sie CODAP erneut mit einer anderen Zufallsstichprobe aus und führen Sie die Entscheidungsbaumanalyse unter Berücksichtigung des Ortes, der Tiefe von weniger als 15 km

und einer Stärke von mehr als 6. Analysieren Sie den Unterschied zur vorherigen Stichprobe

5. Ziehe Schlussfolgerungen zu den Unterschieden, die du in beiden Entscheidungsbaumanalysen feststellen kannst.

6. Schlussfolgerung:

- a. Welche verschiedenen Phasen hat die Erforschung von Erdbeben in Spanien seit Ihrer Geburt durchlaufen?
- b. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Erdbeben im Golf von Cádiz einen verheerenden Tsunami auslöst?
- c. Sind die ausgewählten Stichproben ausreichend repräsentativ?

7. Verstehen Sie, was Population, Stichprobe und Stichprobenziehung sind, indem Sie sich mit Edpuzzle beschäftigen.

S5. Viele Magnituden und Maßeinheiten der Erdbeben

Vor dem Lesen

1. Weißt du, wie die Stärke eines Erdbebens gemessen wird?

Während des Lesens

Lies den Text:

<https://www.usgs.gov/faqs/moment-magnitude-richter-scale-what-are-different-magnitude-scales-and-why-are-there-so-many>

In der folgenden Tabelle finden wir einige dieser Magnituden:

Magnitudenty p	Stärkebereich	Entfernungs- bereich	Gleichung
Mww (Moment W-Phase) (allgemeine Notation Mw)	~5,0 und größer	1–90 Grad	$M_W = \frac{2}{3} * (\log_{10}(M_0) - 16,1)$, wobei M_0 das seismische Moment ist.
Mwc (Schwerpunkt)	~5,5 und größer	20 – 180 Grad	$M_W = \frac{2}{3} * (\log_{10}(M_0) - 16,1)$, wobei M_0 das seismische Moment ist.

Mwb (Körperwelle)	~5,5 bis ~7,0	30–90 Grad	$MW = 2/3 * (\log_{10}(M_0) - 16,1)$, wobei M_0 das seismische Moment ist.
Mwr (regional)	~4,0 bis ~6,5	0–10 Grad	$MW = 2/3 * (\log_{10}(M_0) - 16,1)$, wobei M_0 das seismische Moment ist.
Ms20 oder Ms (20-Sekunden-Oberflächenwelle)	~5,0 bis ~8,5	20–160 Grad	$MS = \log_{10}(A/T) + 1,66 \log_{10}(D) + 3,30$.
mb (kurzperiodische Körperwelle)	~4,0 bis ~6,5	15–100 Grad	$mb = \log_{10}(A/T) + Q(D,h)$, wobei A die Amplitude der Bodenbewegung (in Mikrometern) ist; T die entsprechende Periode (in Sekunden) ist; und

			$Q(D, h)$ ein Korrekturfaktor ist, der eine Funktion der Entfernung ist
--	--	--	---

Nach der Lektüre

1. Hast du die in den einzelnen Gleichungen verwendeten Zahlen verstanden?

Logarithmen können als „Umkehrung“ von Exponenten betrachtet werden. Wir wissen zum Beispiel, dass die folgende Exponentialgleichung gilt:

$$3^2 = 9$$

In diesem Fall ist die Basis 3 und der Exponent 2. Wir schreiben diese Gleichung als *Logarithmus* als $\log_3 9 = 2$.

Historischer Hinweis:

Logarithmen wurden im 17. Jahrhundert vom schottischen Mathematiker John Napier (1550–1617) entwickelt. Es handelte sich dabei um clevere Methoden, um lange Multiplikationen auf viel einfachere Additionen und Divisionen auf Subtraktionen zu reduzieren. Als er jung war, musste Napier seinem Vater helfen, der Steuereintreiber war. John hatte es satt, den ganzen Tag große Zahlen zu multiplizieren und zu dividieren, und entwickelte Logarithmen, um sich das Leben zu erleichtern!

Der **Logarithmus** zur Basis a einer positiven reellen Zahl b ($b > 0$), die von eins verschieden ist, ist eine weitere reelle Zahl, c , die bewirkt, dass die Basis a zur Potenz c ist gleich b :

$$\log_a b = c \Leftrightarrow a^c = b \text{ mit } b > 0, a \in (0, 1) \cup (1, \infty)$$

Lies die Definition sorgfältig durch, um Folgendes festzustellen:

- a. Wie lautet die Beziehung zwischen der Basis der Potenz und der Basis des Logarithmus?
- b. Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Exponenten der Potenz und dem Wert des Logarithmus?
- c. Warum sollte die Basis des Logarithmus ungleich 1 sein?

S6. Grafische Darstellung der Momentmagnitude

Die durch ein Erdbeben freigesetzte Energiemenge, ausgedrückt als seismisches Moment, ist wie folgt definiert:

$$M_0 = \frac{1}{2} \cdot D \cdot A$$

wobei M_0 das seismische Moment in Dyn-cm ist, die Steifigkeit des Gesteins in Dyn/cm², D die durchschnittliche Verschiebung der Verwerfung in cm und A die Fläche des gebrochenen Segments in cm².

Die neue Magnitudenskala, die sogenannte Momentmagnitude, wurde von Hiroo Kanamori vom California Institute of Technology entwickelt. Für ihre Bestimmung wird folgende Formel verwendet:

$$M_W = \frac{2}{3} \log M_0 - 10,7$$

Die Magnituden großer Erdbeben wurden anhand dieser neuen Skala berechnet, und bei einigen von ihnen änderte sich der Wert deutlich, wie beispielsweise beim Erdbeben in Chile im Jahr 1960, das eine MS-Magnitude von 8,3 hatte und bei der Berechnung der „Momentmagnitude“ einen Wert von 9,5 ergab.

Nach der Lektüre

Wenn wir M_0 als unabhängige Variable betrachten und ihr „x“ zuweisen und M_W als abhängige Variable betrachten und ihr „y“ zuweisen, können wir die Funktion aufzeichnen, die die Momentmagnitude (M_W) aus der Größe des seismischen Moments (M_0) bestimmt.

Dazu

1. rufen Sie GeoGebra Classic (<https://www.geogebra.org/classic>) auf und geben Sie in die Eingabeleiste ein:

$$y = \frac{2}{3} \log x - 10,7$$

- a. Betrachten Sie die Grafik und bestimmen Sie:

- i. den Definitionsbereich
- ii. den Wertebereich
- iii. Die Schnittpunkte mit der X- und der Y-Achse
- iv. Die Stetigkeit
- v. Die Intervalle der Zunahme und Abnahme
- vi. Das Maximum und Minimum
- vii. Die Konkavität und Konvexität
- viii. Periodizität

Beachte:

Die **Änderungsrate** einer Funktion ist das Wachstum oder der Rückgang, den diese Funktion von einem Wert zum anderen auf der x-Achse X durchläuft. $RC[x_1, x_2] = f(x_2) - f(x_1)$

Die **durchschnittliche Änderungsrate** einer Funktion $y=f(x)$ von $x=a$ bis $x=b$ ist:

$$ARC = \frac{f(b) - f(a)}{b - a}$$

2. Bestimme die Änderungsrate und die durchschnittliche Änderungsrate des seismischen Moments:

$a = 50,80 \times 10^{20}$ din/cm {entsprechend dem Erdbeben vom 25.09.2016 in S Cúllar. GR}

$b = 32,70 \times 10^{24}$ din/cm {entspricht dem Erdbeben vom 25.01.2016 in Alborán Sur}.

3. Interpretiere die Änderungsrate und die durchschnittliche Änderungsrate, um das Wachstum der Funktion des Moments zu verstehen.
4. Zeichne die Funktion: $f(x) = \log_2(x)$
- a. Erstelle die Wertetabelle:

x	1/4	1/2	1	2	4
y=f(x)					

- b. Untersuche den Definitionsbereich, den Wertebereich, den Schnitt mit den Achsen, die Stetigkeit, das Ansteigen und Abfallen, die Maxima und Minima sowie die Konkavität und Konvexität.
 - c. Berechne die Änderungsrate und die durchschnittliche Änderungsrate für $x_1 = 1$
und $x_2 = 4$
5. Zeichne den Graphen jeder der folgenden logarithmischen Funktionen mit Hilfe von GeoGebra (<https://www.geogebra.org/classic>), analysiere ihre Eigenschaften und bestimme die durchschnittliche Änderungsrate für $x=4$ bis $x=6$:
- a. $f(x) = \log x$
 - b. $f(x) = -\log(x-3)$
 - c. $f(x) = \log_2(x + 2)$

S7. Endprodukt. Verfasse einen journalistischen Artikel

1. Lies nach, was die Merkmale des journalistischen Schreibens sind: <https://writingcenter.uagc.edu/journalistic-writing>
2. Verfasse einen journalistischen Artikel auf der Grundlage der Daten und Grafiken, die du während der Lernsituation erstellt hast, mit dem Titel:

Hast du Angst vor einem Erdbeben in Puerto Real,
ja oder nein?

3. Analysiere, ob dein journalistischer Artikel die Grundsätze der Einfachheit, Kürze, Präzision, Objektivität, sachlichen Richtigkeit, Fairness und Ausgewogenheit sowie der umgekehrten Pyramide erfüllt.
4. Verbessere deinen Artikel gegebenenfalls.

Literaturverzeichnis

Araújo, A. C. (2021). Das Erdbeben von Lissabon 1755: Die Katastrophe und der Wiederaufbau, „Storicamente“, 17 (2021), Nr. 5.

<https://doi.org/10.52056/9788833138732/05>

Almagro, M. (09.03.2015). Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit eines Erdbebens in Cádiz? *Voz de Cádiz*.

<https://www.lavozdigital.es/cadiz-provincia/201503/07/terremotos-posible-cadiz-20150304160610-pr.html>

Blanc, P. L. (2009). Der Tsunami in Cádiz am 1. November 1755: Eine kritische Analyse der Berichte von Antonio Ulloa und Louis Godin. *Comptes Rendus Geoscience*, 340(4), 251-261.

Earle, S. (2015). Physikalische Geologie. *BCcampus*.

<https://opentextbc.ca/geology/chapter/11-5-forecasting-earthquakes-and-minimizing-damage-and-casualties/>

Glatzmaiers, G., Roberts, P. Eine dreidimensionale, selbstkonsistente Computersimulation einer Umkehrung des Erdmagnetfelds. *Nature* 377, 203–209 (1995). <https://doi.org/10.1038/377203a0>

IGN (o. J.). Geschichte des Nationalen Geografischen Instituts. Abgerufen unter: <https://www.ign.es/web/ign/portal/qsm-nuestra-historia>

IGN (o. J.). Erdbebenkatalog. Abgerufen unter: <https://www.ign.es/web/ign/portal/sis-catalogo-terremotos>

IGN (o. J.). Beschreibung der Magnitudenart. Abgerufen unter: <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/SIS-Tipo-Magnitud.pdf>

Población, A. J. (25.11.2019). Wozu dienen Logarithmen: zwei Aufgaben ohne Taschenrechner. *ABC Ciencia*. Abgerufen unter:

https://www.abc.es/ciencia/abci-para-sirven-logaritmos-retos-sin-usar-calculadora-201911250122_noticia.html

UAGG (2025). Journalistisches Schreiben. *Universität von Arizona. Global Campus. Schreibzentrum*.

<https://writingcenter.uagc.edu/journalistic-writing>

USGS (o. J.). Momentmagnitude, Richterskala – Was sind die verschiedenen Magnitudenskalen und warum gibt es so viele?

<https://www.usgs.gov/faqs/moment-magnitude-richter-scale-what-are-different-magnitude-scales-and-why-are-there-so-many>

