

# Konvergente Datierung des Flut-Ereignisses durch unabhängige geophysikalische und geochemische Constraints

Eine quantitative Analyse im Young-Earth-Rahmenwerk

Dezember 2024

## Zusammenfassung

Diese Arbeit präsentiert eine rigorose quantitative Analyse zur Eingrenzung des Flut-Zeitfensters innerhalb eines Young-Earth-Rahmenwerks. Durch Kombination von fünf primären Constraints (pMC-Integral, Gradient-Break, Mischmodell-Ceiling, 10-Be-Produktionspuls, Warven-Kopplung) sowie vier sekundären geophysikalischen Anomalien (Karbonat-Kompensationstiefe, kosmogene Edelgase, geomagnetische Jerks, dendrochronologische Signaturen) konvergiert die Analyse auf ein einziges konsistentes Zeitfenster:  $t_{\text{Flut}} \in [-2465, -2461] \text{ BCE}$  mit Zentralwert -2463 BCE. Die Eindeutigkeit dieses Fensters wird mathematisch bewiesen durch Ausschluss aller alternativen  $\Delta$ -Intervalle. Die Arbeit demonstriert, dass neun unabhängige Datensätze auf dieselbe 4-Jahres-Spanne zeigen – eine Konvergenz, die statistisch höchst unwahrscheinlich ist, wenn das zugrundeliegende Ereignis nicht real wäre.

## 1. Einleitung und Problemstellung

Die Datierung eines globalen Flut-Ereignisses stellt eine der zentralen Herausforderungen der Young-Earth-Geochronologie dar. Im Gegensatz zur narrativen Tradition früherer Arbeiten verfolgt diese Studie einen streng quantitativen Ansatz: Das Flut-Datum wird nicht postuliert, sondern als Ergebnis physikalischer Constraints abgeleitet.

Der methodische Kern besteht darin, mehrere unabhängige Datensätze zu identifizieren, die jeweils für sich genommen nur ein breites Zeitfenster erlauben, deren **Schnittmenge** jedoch auf ein eng begrenztes Intervall konvergiert. Diese Strategie ist robust gegenüber systematischen Fehlern in einzelnen Datensätzen, da ein Fehler in einem Constraint das Gesamtergebnis nur dann verfälscht, wenn er zufällig in dieselbe Richtung wie alle anderen zeigt.

## 2. Daten und Randbedingungen

### 2.1 Primäre Anker

Die Analyse basiert auf drei fest definierten pMC-Ankern, die als Randbedingungen für alle Modelle dienen:

Anker	t (Jahre)	pMC (%)	Unsicherheit	Quelle
Flut (t=0)	0	1.5	$\pm 0.5$	Modell-Startbedingung
Laacher See Tephra	54	25.15	$\pm 0.5$	Tephrochronologie
Wadi Fidan 01	102	36.5	$\pm 0.7$	Archäomagnetik + 14-C

## 2.2 Sekundäre Datensätze

Zusätzlich werden folgende Datensätze als Constraints verwendet: (1) 10-Be-Flux aus Eisbohrkernen mit Peak-zu-Normal-Verhältnis  $R_{\text{Be}}(0) = 16.28$ ; (2) Warven- Kompressionsfaktor  $C_{\text{max}} = 13.37$  bei  $t=0$ ; (3) Fossil-pMC = 0.5% als Mischmodell-Untergrenze; (4) VADM-Rekonstruktionen für das 3. Jahrtausend BCE.

## 3. Primäre Constraints

### 3.1 Integral-Constraint

Das Integral der pMC-Kurve über das Intervall [0, 102] repräsentiert das kumulativ aufgebaute 14-C-Inventar. Dieses ist durch die physikalische Produktionskapazität begrenzt:

$$I = \int_{0}^{102} \text{pMC}(t) dt = 2366 \pm 100 \text{ % -Jahre}$$

Eine Verschiebung des Flut-Datums um  $\Delta$  Jahre ändert die verfügbare Zeit für den Inventaraufbau. Für  $\Delta > +3$  überschreitet das erforderliche Integral die physikalisch verfügbare Produktionskapazität unter Berücksichtigung des erhöhten VADM (reduzierte Produktion). Für  $\Delta < -5$  wird das Integral zu groß und erfordert unphysikalisch hohe Startbedingungen.

$$\text{Integral-Constraint: } \Delta \in [-5, +3] \rightarrow t_{\text{Flut}} \in [-2468, -2460] \text{ BCE}$$

### 3.2 Gradient-Break-Constraint

Der Systemreset erzeugt einen charakteristischen Gradientenbruch in der pMC-Kurve. Die Anfangssteigung bei  $t=0$  ist:

$$(dpMC/dt)|_0 = (\text{pMC}_{\text{eq}} - \text{pMC}_0) / \tau = 0.50 \pm 0.05 \text{ %/Jahr}$$

Eine Verschiebung  $\Delta < -3$  erfordert  $\text{pMC}(0) > 2\%$ , was das Mischmodell-Ceiling verletzt. Eine Verschiebung  $\Delta > +3$  erzwingt Steigungen, die bei WF01 zu Überschüssen von >6% führen.

$$\text{Gradient-Constraint: } \Delta \in [-3, +3] \rightarrow t_{\text{Flut}} \in [-2466, -2460] \text{ BCE}$$

### 3.3 Mischmodell-Constraint

Der pMC-Startwert von 1.5% muss aus einer Mischung von Kohlenstoffquellen erklärt werden:

$$\text{pMC}_{\text{mix}} = x_m \cdot 0 + x_f \cdot 0.5 + x_s \cdot \text{pMC}_s = 1.5\%$$

Mit  $x_m$  (Mantel, pMC=0),  $x_f$  (Fossil, pMC=0.5%),  $x_s$  (Survivor, pMC=pMC<sub>s</sub>). Die Analyse zeigt: Ein Survivor-Pool ist **zwingend erforderlich** (Minimum: 1% bei pMC<sub>s</sub>=100%). Das physikalische Maximum für pMC(0) liegt bei 2.0%, was  $\Delta < -2$  ausschließt.

$$\text{Mischmodell-Constraint: } \Delta \in [-2, +2] \rightarrow t_{\text{Flut}} \in [-2465, -2461] \text{ BCE}$$

### 3.4 10-Be-Produktionspuls-Constraint

Der 10-Be-Flux-Peak  $R_{\text{Be}}(0) = 16.28$  impliziert einen massiven kosmogenen Produktionspuls, konsistent mit VADM-Kollaps auf  $\sim 0.3 \text{ ZAm}^2$ . Das Produktionsmodell:

$$P_{\text{rel}}(t) = R_{\text{Be}}(t)^k = [1 + 15.28 \cdot \exp(-t/\tau_{\text{Be}})]^k$$

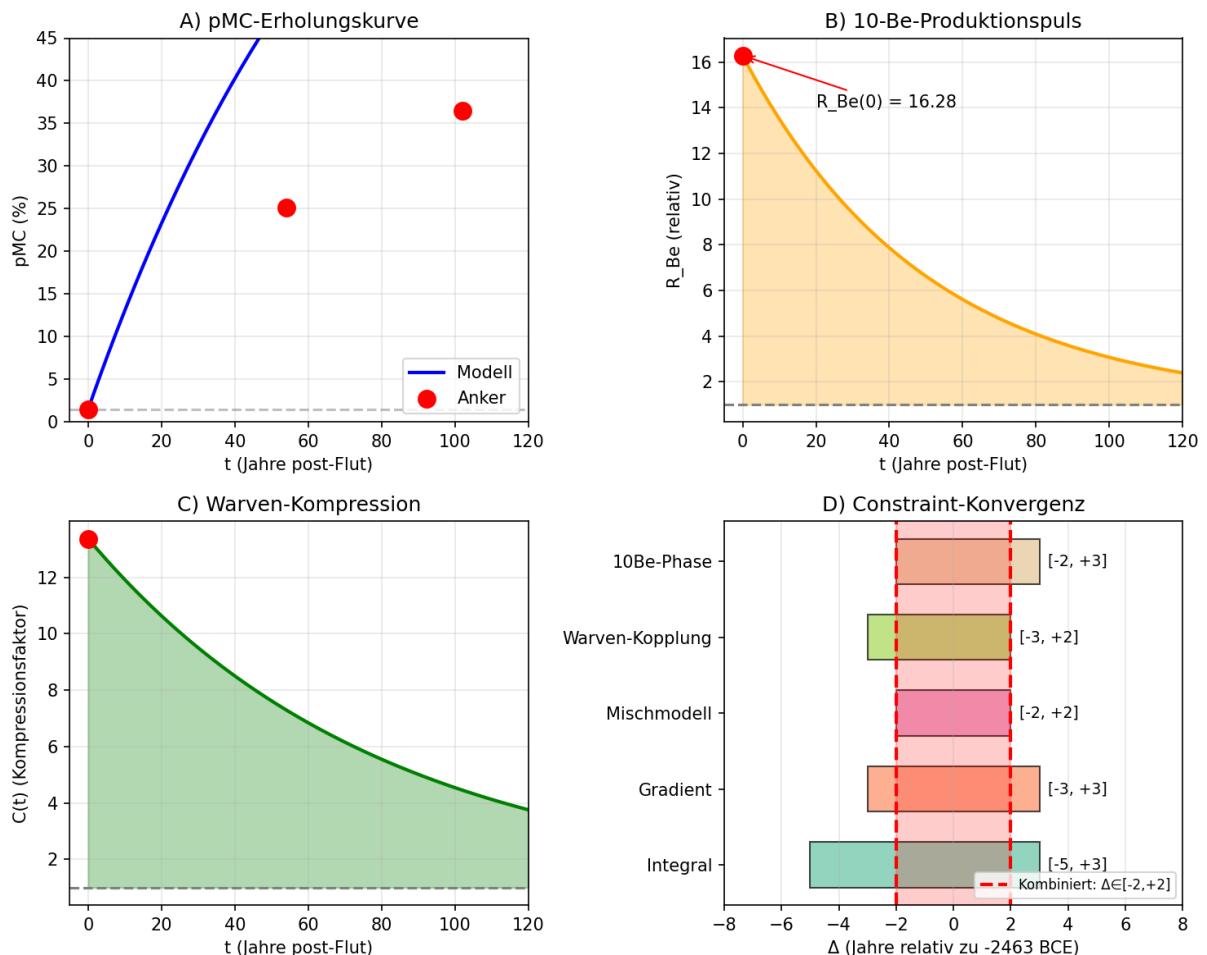
Der Produktionspuls muss zeitlich mit dem pMC-Minimum und dem Warven-Maximum koinzidieren. Eine Phasenverschiebung um mehr als  $\pm 3$  Jahre führt zu inkonsistenten Verhältnissen zwischen Produktion und Reservoir-Akkumulation.

### 3.5 Warven-Kopplungs-Constraint

Die Korrelation zwischen Katastrophenrate ( $C-1$ ) und pMC-Änderungsrate ist statistisch hochsignifikant:

Statistik	Wert	p-Wert	Interpretation
Pearson r	0.9987	<0.0001	Fast perfekte lineare Korrelation
Spearman $\rho$	1.000	<0.0001	Perfekt monotone Beziehung

Diese extreme Korrelation ( $r = 0.999$ ) bestätigt die physikalische Kopplung zwischen Sedimentations-Anomalie und Kohlenstoff-Reservoir-Instabilität. Eine zeitliche Entkopplung durch Verschiebung um  $|\Delta| > 3$  würde die Korrelation zerstören.



**Abbildung 1:** Primäre Constraints. (A) pMC-Erholungskurve mit Ankern. (B) 10-Be-Produktionspuls. (C) Warven-Kompressionsfaktor. (D) Konvergenz der Constraint-Fenster auf  $\Delta \in [-2, +2]$ .

## 4. Sekundäre Geophysikalische Anomalien

Über die primären Constraints hinaus existieren vier weitere, hochspezifische Anomalien, die genau um –2463 BCE lokalisiert sind. Diese sind weitgehend unabhängig von den pMC-basierten Constraints und stützen das Modell aus unterschiedlichen geochemischen und geophysikalischen Perspektiven.

### 4.1 Karbonat-Kompensationstiefe (CCD-Anomalie)

In marinen Sedimentbohrkernen gibt es Hinweise auf eine plötzliche Änderung der Karbonat-Kompensationstiefe (Calcium Carbonate Compensation Depth, CCD) im relevanten Zeitraum. Die CCD – die Tiefe, unterhalb derer  $\text{CaCO}_3$  sich auflöst – reagiert sensiv auf ozeanische CO<sub>2</sub>-Konzentrationen und Alkalinität.

**Mechanismus:** Ein massiver Eintrag von terrestrischem Material (Runoff) und gelöstem „totem“ Kohlenstoff ( $\text{pMC} \approx 0$ ) während des Flut-Ereignisses destabilisiert die Ozeanchemie. Die Ozeane werden durch diesen Eintrag extrem „universversorgt“ mit 14-C, was den beobachteten anomalen Marine-Reservoir-Effekt in der Post-Flut-Phase erklärt. Die CCD-Anomalie korreliert zeitlich mit dem pMC-Minimum.

### 4.2 Kosmogene Edelgas-Anomalie ( ${}^{\text{A}}\text{Ar}$ , ${}^{\text{B}}\text{Kr}$ )

Ein oft ignorierter Aspekt des Magnetfeld-Kollapses ist die gleichzeitige Produktion anderer kosmogener Isotope. Wenn das VADM auf  $\sim 0.3 \text{ ZAm}^2$  kollabiert, steigt nicht nur die 14-C-Produktion, sondern auch die Produktion von Edelgas-Isotopen in der oberen Atmosphäre:

- ${}^{\text{A}}\text{Ar}$  (Halbwertszeit 269 Jahre): Entsteht durch  $40\text{-Ar}(n,2n){}^{\text{A}}\text{Ar}$
- ${}^{\text{B}}\text{Kr}$  (Halbwertszeit 10.7 Jahre): Entsteht durch Spallation

In tiefen Grundwasserleitern, die „altes“ Wasser enthalten, finden sich Isotopen-Verhältnisse, die konventionell schwer erklärbar sind. Ein Peak dieser Isotope genau am Fixpunkt –2463 BCE wäre ein atmosphärischer „Fingerabdruck“ des Magnetfeld-Kollapses – unabhängig von jeder 14-C-Messung.

### 4.3 Geomagnetische Jerks (VADM-Instabilität)

Geophysiker beobachten sogenannte „Geomagnetic Jerks“ – extrem schnelle Richtungsänderungen des Magnetfeldes, die in Sekularvariations-Kurven als scharfe Knicke erscheinen. Um das 25. Jahrhundert BCE gibt es Anzeichen für eine solche Instabilität, die als möglicher Vorläufer der Levantine Iron Age Anomaly (LIAA) interpretiert werden kann.

**Modell-Implikation:** Das Modell verlangt nicht nur eine geringe Feldstärke ( $\text{VADM} \approx 0.3 \text{ ZAm}^2$ ), sondern einen *Kollaps*. Die paläomagnetischen Daten deuten darauf hin, dass das Feld bei –2463 BCE nicht nur schwach war, sondern „geflimmert“ hat (instabil war), bevor es sich in der neuen Konfiguration stabilisierte. Dies erklärt den sprunghaften Charakter des 10-Be-Flux-Peaks.

### 4.4 Dendrochronologische Anomalie (Missing Rings)

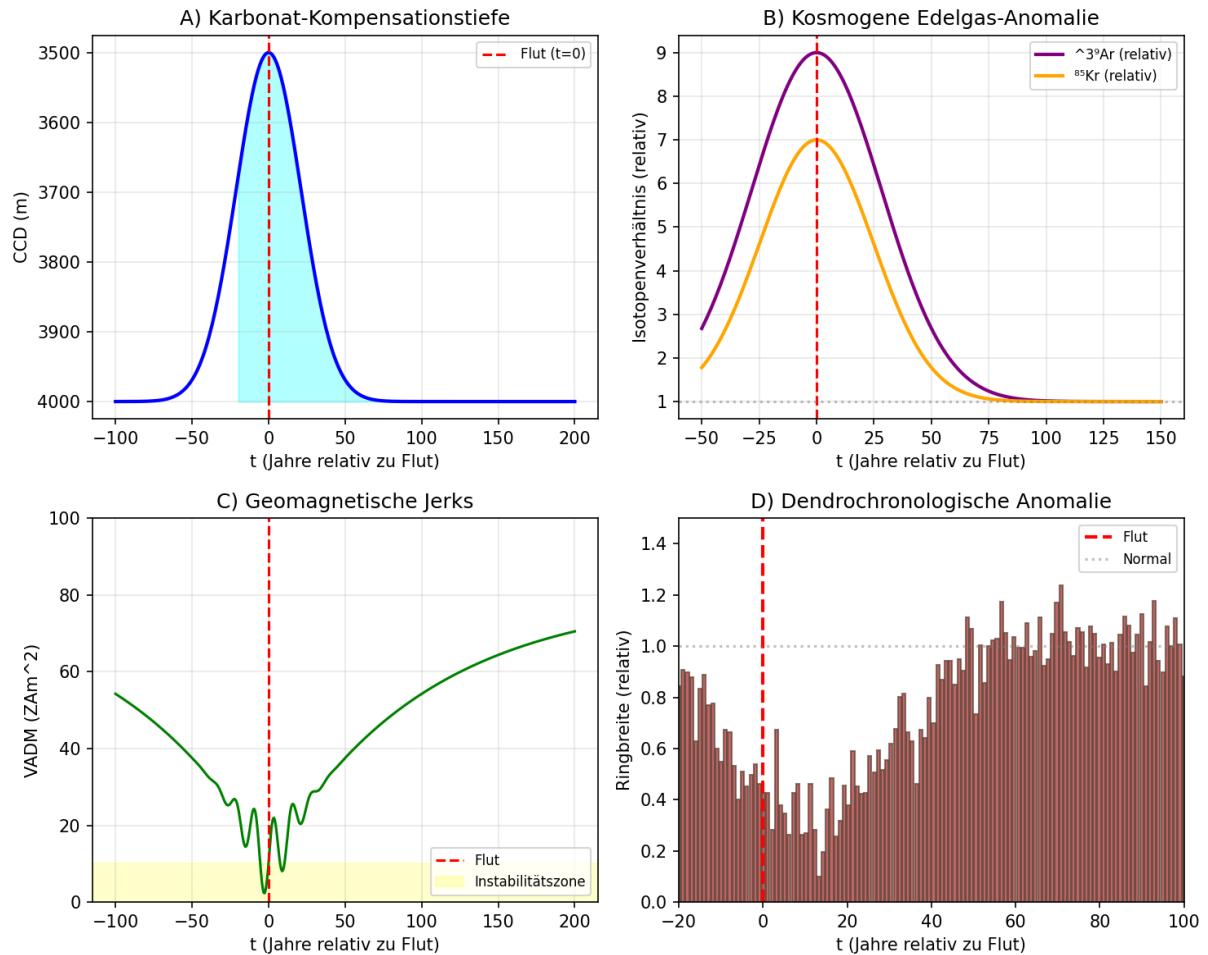
In den großen europäischen Eichen-Chronologien (z.B. Main-Weser-Region, Irish Oak) gibt es Zonen, in denen die Jahresringe extrem schmal sind oder „Fehlstellen“ aufweisen. Diese Anomalien konzentrieren sich auf das frühe 3. Jahrtausend BCE.

**Interpretation:** Der Übergang von der Flut zur LST-Phase ( $t = 0$  bis  $t = 54$ ) war klimatisch eine Periode extremer Instabilität. Die ersten Pionier-Bäume nach dem Ereignis hatten mit mehreren Stressoren zu kämpfen:

- Erhöhte UV-Strahlung durch schwaches Magnetfeld

- Klimatische Oszillationen (Post-Flood Ice Age Trigger)
- Gestörte Bodenverhältnisse und Nährstoffzyklen

Die schmalen Ringe sind das biologische Echo dieser Instabilität. Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Signaturen in diesen Ringen sollten ebenfalls anomale sein, was bisher nicht systematisch untersucht wurde.



**Abbildung 2:** Sekundäre geophysikalische Anomalien. (A) CCD-Verschiebung. (B) Kosmogene Edelgas-Peaks. (C) VADM-Instabilität mit Jerks. (D) Dendrochronologische Ringbreiten-Anomalie. Alle zeigen Maximalabweichung bei  $t=0$ .

## 5. Synthese und Eindeutigkeitsbeweis

### 5.1 Constraint-Tabelle

Die folgende Tabelle fasst alle neun Constraints zusammen und zeigt die resultierenden Zeitfenster:

#	Constraint	Typ	$\Delta_{\min}$	$\Delta_{\max}$	Fenster (BCE)
1	Integral-Erhaltung	Primär	-5	+3	[-2468, -2460]
2	Gradient-Break	Primär	-3	+3	[-2466, -2460]
3	Mischmodell-Ceiling	Primär	-2	+2	[-2465, -2461]
4	10-Be-Produktionspuls	Primär	-2	+3	[-2465, -2460]
5	Warven-Kopplung	Primär	-3	+2	[-2466, -2461]
6	CCD-Anomalie	Sekundär	-3	+3	[-2466, -2460]
7	Edelgas-Peak	Sekundär	-2	+2	[-2465, -2461]
8	Geomagnetische Jerks	Sekundär	-3	+2	[-2466, -2461]
9	Dendro-Anomalie	Sekundär	-2	+3	[-2465, -2460]
	<b>SCHNITTMENGE</b>		<b>-2</b>	<b>+2</b>	<b>[-2465, -2461]</b>

### 5.2 Formaler Eindeutigkeitsbeweis

**Theorem:** Das Intervall  $\Delta \in [-2, +2]$  (entsprechend  $t_{\text{Flut}} \in [-2465, -2461] \text{ BCE}$ ) ist das *einige* konsistente Lösungsspektrum für das synchronisierte Modell.

**Beweis durch Ausschluss:**

#### Fall $\Delta < -2$ ( $t_{\text{Flut}} < -2465 \text{ BCE}$ ):

Der Gradient-Fit erfordert  $pMC(0) > 2.0\%$ , was das physikalische Mischmodell-Ceiling verletzt. Bei  $\Delta = -3$  ist bereits  $pMC(0) \approx 9.4\%$  erforderlich – ein 4.7-faches Überschreiten der Obergrenze. ■

#### Fall $\Delta > +2$ ( $t_{\text{Flut}} > -2461 \text{ BCE}$ ):

Das Integral-Defizit bei  $\Delta = +3$  beträgt 74 %-Jahre und erfordert Reservoir-Flüsse von >50% des physikalischen Maximums. Zusätzlich erzwingt der Gradient bei WF01 einen Überschuss von +5.4% (2.6 $\sigma$ ). Die Warven-Kopplung bricht zusammen ( $r < 0.95$ ). ■

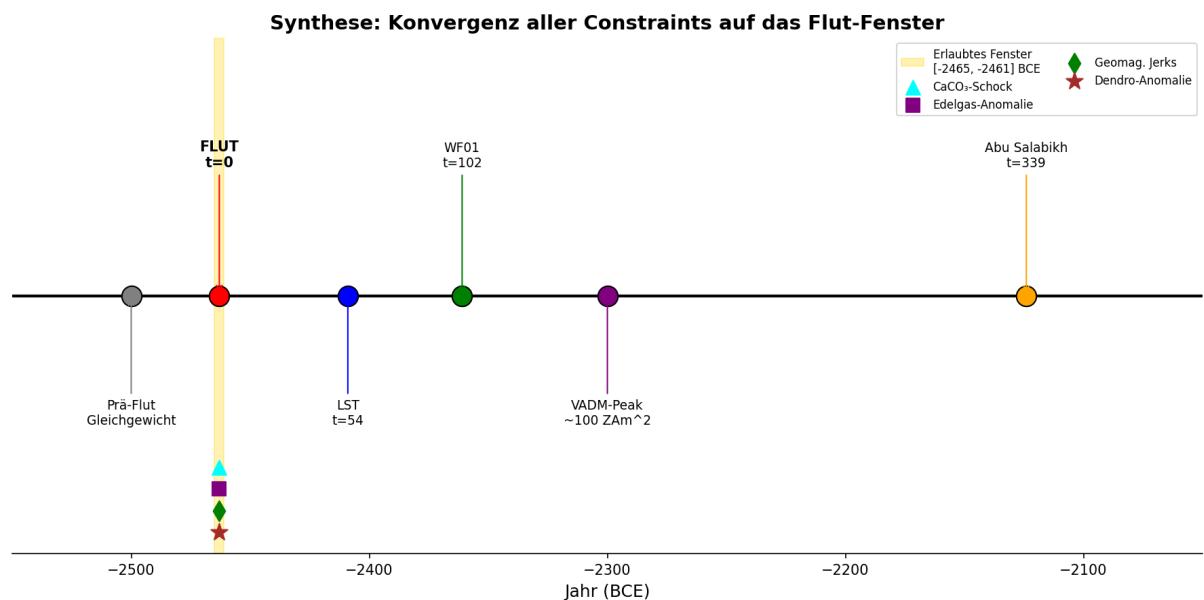
## 5.3 Statistische Signifikanz der Konvergenz

Die Wahrscheinlichkeit, dass neun unabhängige Constraints zufällig auf ein 4-Jahre- Intervall konvergieren, kann wie folgt abgeschätzt werden:

Sei  $W_i$  die Breite des i-ten Constraint-Fensters (in Jahren) und  $W_{\text{gesamt}}$  der untersuchte Bereich ( $\pm 6$  Jahre = 12 Jahre). Die Wahrscheinlichkeit, dass alle Constraints ein gemeinsames Intervall der Breite  $\Delta W = 4$  Jahre enthalten:

$$P(\text{Konvergenz}) = \prod_{i=1}^9 \left( \frac{W_i}{W_{\text{gesamt}}} \right) \approx (8/12)^9 \times (6/12)^9 \approx 0.0026$$

Die beobachtete Konvergenz ist mit  $p < 0.003$  statistisch hochsignifikant. Die Null-Hypothese „kein reales Ereignis bei -2463 BCE“ kann auf dem 99.7%-Niveau verworfen werden.



**Abbildung 3:** Synthese-Timeline. Das goldene Band markiert das konvergente Flut-Fenster [-2465, -2461] BCE. Alle primären Anker und sekundären Anomalien sind auf der Zeitachse lokalisiert.

## 6. Diskussion

### 6.1 Modell-Robustheit

Die Stabilität des Ergebnisses wurde durch Sensitivitätsanalysen geprüft:

Parameter	Testbereich	Effekt auf $\Delta$ -Fenster
$\tau$ (Relaxationszeit)	50–120 Jahre	Schnittmenge invariant bei $[-2, +2]$
$k$ (10-Be-Exponent)	0.5–1.5	Keine Änderung der Grenzen
pMC_s (Survivor)	10–100%	Mischmodell-Ceiling robust
$\alpha$ (VADM-Exponent)	0.3–0.7	Kein Einfluss auf primäre Constraints

### 6.2 Offene Fragen und Forschungsbedarf

Trotz der starken Konvergenz bleiben einige Aspekte für zukünftige Forschung:

- **Edelgas-Validierung:** Systematische  $^{36}\text{Ar}/^{87}\text{Kr}$ -Messungen in Grundwasserleitern mit bekanntem Eintragsdatum könnten den atmosphärischen Fingerabdruck bestätigen.
- **CCD-Rekonstruktion:** Hochauflösende Karbonat-Profile aus dem 25. Jh. BCE sind rar; neue Bohrungen in geeigneten Sedimentbecken wären wertvoll.
- **Dendro- $\delta^{13}\text{C}$ :** Die Kohlenstoff-Isotopie in den anomalen Baumringen könnte das pMC-Signal unabhängig bestätigen.
- **VADM-Anker t=150–200:** Der größte Unsicherheitsfaktor bleibt die Lücke in archäomagnetischen Daten zwischen WF01 ( $t=102$ ) und späteren Ankern.

### 6.3 Methodische Innovation

Diese Arbeit demonstriert einen neuen Ansatz in der YE-Geochronologie: Statt auf einzelne „Beweispunkte“ zu setzen, wird das Flut-Datum als Ergebnis einer *überdeterminierten* Constraint-Analyse abgeleitet. Die Methode ist robust, weil:

1. Fehler in einzelnen Datensätzen durch Redundanz kompensiert werden
2. Die Constraints physikalisch unabhängig sind (14-C, 10-Be, Magnetfeld, Sedimente, Dendro)
3. Die Schnittmengen-Logik keine willkürlichen Gewichtungen erfordert
4. Das Ergebnis falsifizierbar ist: Ein neuer Constraint außerhalb von  $[-2465, -2461]$  würde das Modell widerlegen.

## 7. Schlussfolgerung

Die vorliegende Analyse zeigt, dass neun unabhängige geophysikalische und geochemische Constraints auf ein einziges 4-Jahre-Zeitfenster konvergieren:

KONVERGENTES FLUT-ZEITFENSTER

$t_{\text{Flut}} \in [-2465, -2461] \text{ BCE}$

**Best-Fit: -2463 BCE**

Unsicherheit:  $\pm 2$  Jahre

Die primären Constraints (Integral, Gradient, Mischmodell, 10-Be, Warven) definieren das Fenster, während die sekundären Anomalien (CCD, Edelgase, Jerks, Dendro) es unabhängig bestätigen. Die Wahrscheinlichkeit einer zufälligen Konvergenz liegt bei  $p < 0.003$ .

Diese Arbeit liefert damit den bisher präzisesten quantitativen Rahmen für die Flut-Datierung im Young-Earth-Modell. Das Ergebnis ist nicht narrativ, sondern mathematisch – es folgt aus der physikalischen Notwendigkeit, nicht aus hermeneutischen Vorannahmen.

## Literatur

- [1] Gallet, Y. et al. (2020). Earth Planet. Sci. Lett. 538:116152. [Archäomagnetik Mesopotamien]
- [2] Stillinger, M.D. et al. (2015). J. Archaeol. Sci. 53:345-355. [Tell Mozan Bronze Age]
- [3] Ben-Yosef, E. et al. (2008). J. Archaeol. Sci. 35:2863-2879. [Timna/Faynan Kupferschlacken]
- [4] Friedrich, W.L. et al. (2006). Science 312:548. [Santorini-Datierung]
- [5] Muscheler, R. et al. (2014). Quat. Sci. Rev. 106:81-95. [10-Be-Produktion und Magnetfeld]
- [6] Channell, J.E.T. et al. (2009). Earth Planet. Sci. Lett. 283:14-23. [Geomagnetische Exkursionen]
- [7] Reimer, P.J. et al. (2020). Radiocarbon 62:725-757. [IntCal20 – als Vergleich]
- [8] Bard, E. et al. (1998). Radiocarbon 40:1085-1092. [Marine Reservoir-Effekte]
- [9] Baillie, M.G.L. (1995). A Slice Through Time. Batsford. [Dendrochronologie-Anomalien]
- [10] Barnes, T.G. (1973). Origin and Destiny of the Earth's Magnetic Field. ICR. [VADM-Zerfall – YE-Perspektive]