

# **Behauptung: Erneuerbare Energien sind wegen der Brennstoff-Volatilität billiger**

geschrieben von Chris Frey | 2. April 2025

**Roger Caiazza**

Auf die Frage nach der Erschwinglichkeit haben die Befürworter des New York Climate Leadership & Community Protection Act ([Climate Act](#)) behauptet, dass die Entwicklung erneuerbarer Energien die Kosten senken kann. Dieser Artikel geht auf ihr Argument ein, dass erneuerbare Energien durch die geringere Volatilität der Brennstoffpreise billiger werden.

Die öffentliche [Anhörung](#) des Energieausschusses der New Yorker Versammlung am 18. Dezember 2024 ermöglichte es den Abgeordneten, Mitarbeiter der New York State Energy Research & Development Authority (NYSERDA) und des New York State Department of Public Service (DPS) zu den Fortschritten des Climate Act zu befragen. Jessica Waldorf, Chief of Staff & Director of Policy Implementation, DPS, wurde gefragt, welche Auswirkungen die Reduktion der Treibhausgasemissionen durch das Klimagesetz haben würde, da die Emissionen in New York geringer sind als der beobachtete jährliche Anstieg der weltweiten Treibhausgas-Emissionen. Waldorf sagte, dass es andere Gründe gebe, „erneuerbare Energiequellen in New York zu schaffen, die nicht nur mit den Emissionen zusammenhängen“. Sie nannte zwei Gründe: Energiesicherheit und Preisvolatilität.

*Die andere Sache, die ich zur Energiesicherheit sagen würde, ist die Preisvolatilität. Die Kunden sind den Launen der fossilen Brennstoffindustrie und dem Auf und Ab der Märkte für fossile Brennstoffe ausgeliefert. Die Lokalisierung unserer Energieerzeugung und der erneuerbaren Energien ermöglicht uns Preisstabilität. Das ist definitiv ein Vorteil, wenn wir hier Ressourcen aufbauen.*

Die Behauptung wurde auch auf einer [Sitzung](#) des Planungsausschusses für den [Energieplan](#) des Bundesstaates New York am 3. März 2025 zur Verabschiedung des Umfangs des staatlichen Energieplans aufgestellt. Die [Präsentation](#) von Jeff Freedman vom Atmospheric Sciences Research Center, University at Albany, Albany, New York, [enthalt](#) die folgende Folie, in welcher die Behauptung aufgestellt wird, dass erneuerbare Energien die Kosten senken können:



# New York Climate Impacts Assessment—Energy Cost Burdens



Wide spectrum of issues associated with energy costs

Can renewable energy reduce costs?

Yes!

And also result in environmental, grid resilience, and air quality improvements across all NYS communities

State Energy Planning Board Meeting

TABLE 6-1 Sources of disparities that contribute to high energy burdens and climate vulnerabilities.

Source category	Contributing factors
Location and geography	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Climate zone</li><li>▪ Ruralness</li><li>▪ Historically redlined areas</li><li>▪ Tribal land</li></ul>
Housing characteristics	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Thermal integrity</li><li>▪ Type, age, and size</li><li>▪ Owner or renter</li><li>▪ Appliances (age and type)</li><li>▪ Internet, communications, and information technologies infrastructure</li></ul>
Socioeconomic characteristics	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Income</li><li>▪ Race and ethnicity</li><li>▪ Immigrant versus native born</li><li>▪ Age</li><li>▪ Language isolation</li><li>▪ Disability status</li><li>▪ Crowdedness</li><li>▪ Education</li><li>▪ Employment</li></ul>
Energy prices and policies	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Energy prices</li><li>▪ Energy policy design</li><li>▪ Energy mix and access to natural gas</li><li>▪ Availability and effectiveness of low-income energy programs and appliances</li><li>▪ Access to new energy technologies</li><li>▪ Access to energy industry employment</li></ul>
Behavioral factors	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Lack of knowledge</li><li>▪ Misplaced incentives or principal-agent problems</li><li>▪ Lifestyles and cultural factors</li><li>▪ Lack of control over energy bills</li><li>▪ High transaction costs</li></ul>

Note: Table adapted from Brown et al.<sup>144</sup> and Hernández.<sup>145</sup>

Ein Merkmal der NYSERDA-Dokumentation ist der Mangel an Details, so dass es nicht überrascht, dass die Begründung für die Behauptung nicht ohne weiteres nachvollziehbar ist. Tabelle 6-1 befand sich im New York State Climate Impacts Assessment, Kapitel 06: [Energie](#). In diesem Kapitel wird nicht speziell auf die Kosten für erneuerbare Energien eingegangen.

*Energiekosten: Die Preise für fossile Brennstoffe sind zunehmend volatil, vor allem weil sie auf den Weltmärkten gehandelt werden. Im Gegensatz dazu könnte ein Stromsektor, der sich aus großen Mengen erneuerbarer Ressourcen zusammensetzt, die keine Brennstoffkosten verursachen, zu weniger schwankenden Energierechnungen führen, da dieser Treiber für die Variabilität der Energiekosten wegfällt. Das Vorhandensein von dezentralen Ressourcen verstärkt diesen Effekt. Unabhängig davon, ob die Kosten eines sauberen Energiesektors niedriger, vergleichbar oder höher als der Status quo sind, werden sie besser vorhersehbar sein und weniger wahrscheinlich indirekte Kosten verursachen, die aus unerwarteten Preisänderungen resultieren.*

In diesem Artikel wird davon ausgegangen, dass die Behauptung, erneuerbare Energien seien billiger und weniger volatil, darauf beruht, dass ein von erneuerbaren Energien abhängiges Stromsystem weniger instabile Brennstoffkosten hat, was zu billigerer und sicherer Energie führt. Dies wiederum beruht auf zwei Annahmen: Die Brennstoffpreise sind aufgrund der globalen Märkte volatil, und die erneuerbaren Energien würden diesen Kostentreiber ausschalten.

## Treibstoff-Volatilität

Die US Energy Information Administration (EIA) stellte im Juni 2024 fest, dass sich die Volatilität der Preise für fossile Brennstoffe im

Laufe der Zeit deutlich verändert hat, wobei in den letzten Jahren eine besonders hohe Volatilität zu verzeichnen war: „Im Jahr 2022 erreichte die Volatilität der Erdgaspreise extreme Werte, wobei die historische Volatilität im Februar 2022 mit 171 % den höchsten Wert seit mindestens 1994 erreichte.“ Man beachte, dass die EIA nur über die Volatilität von Erdgas spricht, das in den letzten Jahren zu einer viel wichtigeren Brennstoffquelle für die Stromerzeugung geworden ist. Meiner Meinung nach könnte die zunehmende Abhängigkeit von einem einzigen Brennstoff der Hauptgrund für den beobachteten Anstieg der Volatilität sein.

In jedem Fall ist das Argument der New Yorker Agentur mit dem globalen Markt nur ein Grund für die Volatilität der Brennstoffpreise. Die EIA nannte im August 2022 weitere **Gründe** für die Schwankungen beim Erdgas:

*Die zunehmende Ungewissheit über die Marktbedingungen, die sich auf Angebot und Nachfrage von Erdgas auswirken, kann zu einer hohen Preisvolatilität führen. Zu den Ereignissen, die zu veränderten Marktbedingungen beigetragen haben, gehören:*

- *Produktionsstopps*
- *Unwetter*
- *Ungeplante Wartungsarbeiten und Ausfälle von Pipelines*
- *Erhebliche Abweichungen vom normalen Wetter*
- *Änderungen der Lagerbestände*
- *Verfügbarkeit von Ersatzbrennstoffen*
- *Änderungen bei Importen oder Exporten*
- *Andere plötzliche Veränderungen der Nachfrage*

*Die Erdgaspreise in den USA sind in der Regel im ersten Quartal eines Jahres volatiler, da die Nachfrage nach Erdgas für die Raumheizung aufgrund von Wetterveränderungen schwankt. Zu den Faktoren, die in den ersten drei Monaten dieses Jahres zu einer erhöhten Volatilität beitrugen, gehören:*

- *Witterungsbedingte **Schwankungen** der Erdgasnachfrage*
- *Rückläufige Erdgasproduktion im Januar und Februar*
- *Rückgang der Erdgasvorräte in den 48 US-Bundesstaaten*
- *Rekordausfuhren von verflüssigtem Erdgas (LNG) aus den USA nach Europa, die dazu beitragen, die geringeren Erdgaslieferungen aus Russland **auszugleichen**.*

Von den acht Ereignissen, die zur Veränderung der Marktbedingungen und

der Kraftstoffvolatilität beitragen, steht nur eines in Zusammenhang mit den globalen Marktbedingungen.

Es gibt einen weiteren Aspekt der Volatilität. Im heutigen Stromsystem steigen die Preise, wenn die Last während der heißesten und kältesten jährlichen Ereignisse Spitzenwerte erreicht. Wenn das Stromnetz von wetterabhängigen Wind- und Solarenergiequellen abhängig wird, werden die Preise auch dann in die Höhe schnellen, wenn es eine Flaute bei den Ressourcen gibt. Dieser Effekt wird sich noch verstärken, wenn die beiden Ereignisse zusammenfallen. Ich glaube, dass diese Volatilität häufiger und ebenso stark, aber für kürzere Zeiträume auftreten wird als die durch globale Ereignisse verursachte Volatilität der Treibstoffpreise.

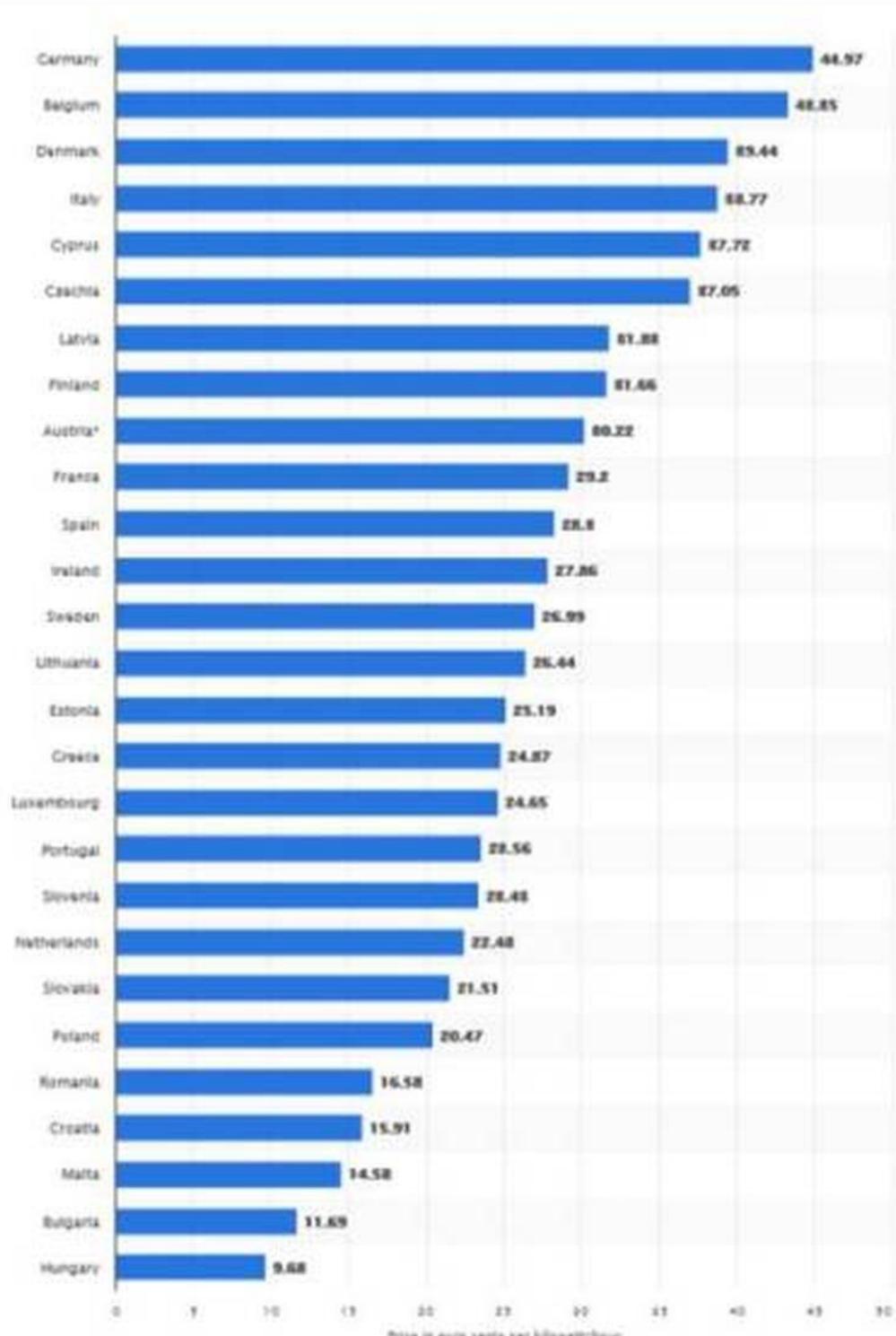
## Die Erfahrungen in Europa

Wenn die Behauptung der Brennstoff-Volatilität jedoch stimmt, dann sollten die Befürworter in der Lage sein, auf Länder zu verweisen, in denen Wind- und Solarenergie sowie Energiespeicherung die Strompreise billiger gemacht haben. Das beste **Beispiel** für die Behauptung, dass erneuerbare Energien billiger sind, weil sie die Brennstoffvolatilität verringern, dürfte **Deutschland** sein. Die Öl-, Kohle- und Gaspreise sind unmittelbar nach dem Einmarsch Russlands in die Ukraine in die Höhe **geschnellt** und schwanken seither ununterbrochen. Die deutsche **Energiewende** ist der geplante Übergang des Landes zu einer kohlenstoffarmen, atomfreien Wirtschaft und wird oft als Beispiel dafür angeführt, was New York tun sollte. Enerdata **berichtet**, dass nach Angaben der Bundesnetzagentur die installierte Leistung der erneuerbaren Energien in Deutschland um fast 20 GW (+12 %) auf fast 190 GW im Jahr 2024 steigen wird. Wenn die Behauptung der Befürworter stimmt, sollten die Preise tendenziell sinken. Seit dem Jahr 2000 sind die Strompreise für deutsche Haushalte jedoch um 116 % **gestiegen**, und zwar von 13,94 auf 30,43 Cent pro Kilowattstunde im Jahr 2019. Zum 1. April 2024 **zahlen** Haushalte mit Grundversorgungsvertrag rund 46 Cent pro Kilowattstunde und sind damit „die teuerste Variante im Vergleich zu anderen Anbietern oder Sonderverträgen“.

Eine andere Möglichkeit, die Behauptung zu überprüfen, ist ein Vergleich der Strompreise innerhalb der Europäischen Union. Ich empfehle den **Nemeth-Bericht** für seine Berichterstattung über europäische Energiefragen. Der **Beitrag „EU-Aktionsplan für erschwingliche Energie“** enthält genau einen solchen Vergleich. Darin wird Ursula von der Leyen, die Präsidentin der Europäischen Kommission, mit den Worten zitiert: „Wir treiben die Energiepreise nach unten und die Wettbewerbsfähigkeit nach oben. Wir haben die Energiepreise in Europa bereits deutlich gesenkt, indem wir die erneuerbaren Energien verdoppelt haben.“

Die Daten in der folgenden Abbildung stützen ihre Behauptung jedoch in keiner Weise:

## Electricity prices for households with an annual consumption of 3,000 kWh in the European Union in 2023, by country (in euro cents per kilowatt-hour)

[Collapse statistic](#)

Aus der Analyse geht hervor:

Man beachte, dass der Durchschnittspreis für Haushalte einen großen Unterschied aufweist zwischen EU-Ländern, die Kohle, Kernkraft und Gas nutzen, und solchen, die sich auf Wind- und Solarenergie konzentriert haben. Wie aus der obigen Grafik hervorgeht, lag beispielsweise der Strompreis in Ungarn laut [Statista](#) im Jahr 2023 bei 9,68 Eurocents/kwh (50 % des Stroms stammen aus Kernkraft, 38 % aus Kohle und Gas) und Bulgarien, das hauptsächlich auf Kohle und Kernkraft setzt, lag bei 11 Eurocents/kwh, während Deutschland, das auf erneuerbare Energien gesetzt hat (und seine Kernkraftwerke abgeschaltet hat), mit 44,97 Eurocents/kwh den höchsten Preis hatte und Dänemark, das eine kleine Bevölkerung und viele Windräder hat, bei 39,44 Eurocents/kwh lag!

Es kommt auf die [Datenquellen](#) und das Jahr der Daten an. Eurostat verwendet Zahlen aus dem ersten Quartal 2024, die einige der Länder neu ordnen, aber das Gesamtargument, dass Länder, die „doppelt auf erneuerbare Energien setzen“ und andere schlechte Entscheidungen wie die Abschaltung von Kernkraftwerken und/oder Kohle getroffen haben, höhere Preise zu verzeichnen hatten, wird weiterhin unterstützt.

## Diskussion

Roger Pielke, Jr. veröffentlichte kürzlich einen [Artikel](#) über die Politisierung von Fachwissen, der hier von Bedeutung ist. Er argumentiert, dass die Gesellschaft auf das Fachwissen von Spezialisten in vielen Bereichen angewiesen ist – „Niemand weiß genug, um die Regierung zu führen“. Folglich braucht die Gesellschaft uns alle. Er erklärt: „Wir müssen nicht in allen Fragen einer Meinung sein, aber wir müssen zusammenarbeiten“. Dann weist er darauf hin, dass „in den letzten Jahren das Fachwissen – wie viele andere Dinge auch – pathologisch politisiert worden ist“.

Dies zeigt die Politisierung der Umsetzung des Climate Act unter der Leitung von NYSERDA. Die Redner auf dem Treffen wurden sorgfältig ausgewählt, um die Darstellung der Hochul-Regierung zu unterstützen, dass mit dem Climate Act alles in Ordnung sei. Nehmen wir zum Beispiel die [Präsentation](#) von Jeff Freedman vor dem Planungsausschuss. Sein [Hauptforschungsschwerpunkt](#) liegt auf „erneuerbaren Energien und atmosphärischen Grenzschichtprozessen (ABL)“, so dass seine Vorliebe den erneuerbaren Energien gilt. Er hat keine Erfahrung im Energiesektor, die ihn zu der Behauptung qualifiziert, dass „erneuerbare Energien die Kosten senken können“.

Die New Yorker Behörden sind verpflichtet, die Kommentare der Aktionäre bei der Erarbeitung von Rechtsvorschriften zu berücksichtigen. Leider tun sie dies nur auf dem Papier. Anstatt den Prozess als Chance zur Verbesserung des Produkts zu nutzen, wird er als Verpflichtung behandelt. Mein Problem dabei ist, dass, wenn jemand spezifische Kommentare abgibt oder bestimmte Probleme mit seiner Arbeit anspricht,

es keine Unterlagen gibt, die belegen, dass die Vorlage behandelt wurde, und dass nichts enthalten ist, um auf das angesprochene Problem zu reagieren. Zum Beispiel war die Behauptung, dass erneuerbare Energien die Kosten senken können, in Freedmans Präsentation nicht dokumentiert. Ich zweifle nicht daran, dass die NYSERDA die Scharade fortsetzen wird, dass erneuerbare Energien die Kosten senken können und dass die Kosten der Untätigkeit schlimmer sind als die Kosten des Handelns. Sie haben nie auf die damit zusammenhängenden Fragen geantwortet und werden dies auch weiterhin tun, solange sie damit durchkommen können. Meiner Meinung nach ist dies ein weiteres Beispiel für pathologisch politisiertes Fachwissen von NYSERDA, weil sie so arrogant sind, dass sie es nicht für nötig halten, auf Kommentare von Interessengruppen zu reagieren.

## Schlussfolgerungen

Das größte Hindernis für einen Netto-Null-Umstieg weg von fossilen Brennstoffen sind die unvermeidlichen außerordentlichen Kosten für die Umsetzung. In New York hat sich die Hochul-Regierung seit der Verabschiedung des Klimagesetzes vor diesem Thema gedrückt. Sie kann die Realität nur eine bestimmte Zeit lang ausblenden. Die Frage ist, ob die Probleme im Zusammenhang mit der Netto-Null-Umstellung angegangen werden, bevor New Yorks Wirtschaft gefährdet ist.

Wenn Sie in der Zwischenzeit jemanden sagen hören, dass erneuerbare Energien die Kosten senken können, fragen Sie ihn bitte, warum die Strompreise in Deutschland so hoch sind, oder nennen Sie ein Beispiel für ein Land, das sein Stromsystem umstellt und die Kosten für die Steuerzahler gesenkt hat, wenn es die Strategie der erneuerbaren Energien nutzt, um das Stromnetz mit Wind- und Sonnenenergie und Energiespeichern zu versorgen.

*Roger Caiazza blogs on New York energy and environmental issues at [Pragmatic Environmentalist of New York](#). He has been a practicing meteorologist for nearly 50 years, was a Certified Consulting Meteorologist, and has B.S. and M.S. degrees in meteorology. The opinions expressed in this post do not reflect the position of any of his previous employers or any other organization he has been associated with.*

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2025/03/28/claim-renewables-are-cheaper-because-of-fuel-volatility/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE

# Plattentektonik und Klima im Känozoikum

geschrieben von Chris Frey | 2. April 2025

## Andy May

In diesem Beitrag untersuche ich die Proxies, die zum Vergleich von CO<sub>2</sub> und Temperatur von vor 66 Millionen Jahren (Ma) bis heute verwendet worden sind, und kommentiere die Qualität des Vergleichs. Außerdem befassen wir uns mit den plattentektonischen Ereignissen im Känozoikum, die das globale Klima beeinflusst haben. In Abbildung 1 wird der d180-Wert der Tiefsee von Westerhold et al. (die Sauerstoff-18-Isotopenanomalie, ein Temperaturproxy) mit dem d13C-Wert (die Kohlenstoff-13-Isotopenanomalie) verglichen; beide Messungen stammen von den gleichen Fossilien, so dass sie direkt verglichen werden können. Eines der Probleme bei vielen Temperatur/CO<sub>2</sub>-Diagrammen ist, dass sie oft aus unterschiedlichen Quellen und Orten stammen und aufgrund von Datierungsfehlern und unterschiedlichen zeitlichen Auflösungen nicht direkt vergleichbar sind. Auch wenn d13C keine direkte CO<sub>2</sub>-Schätzung ist, so steht es doch im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Tiefsee. Die Schätzungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre und im Ozean werden in Abbildung 2 mit d13C verglichen.

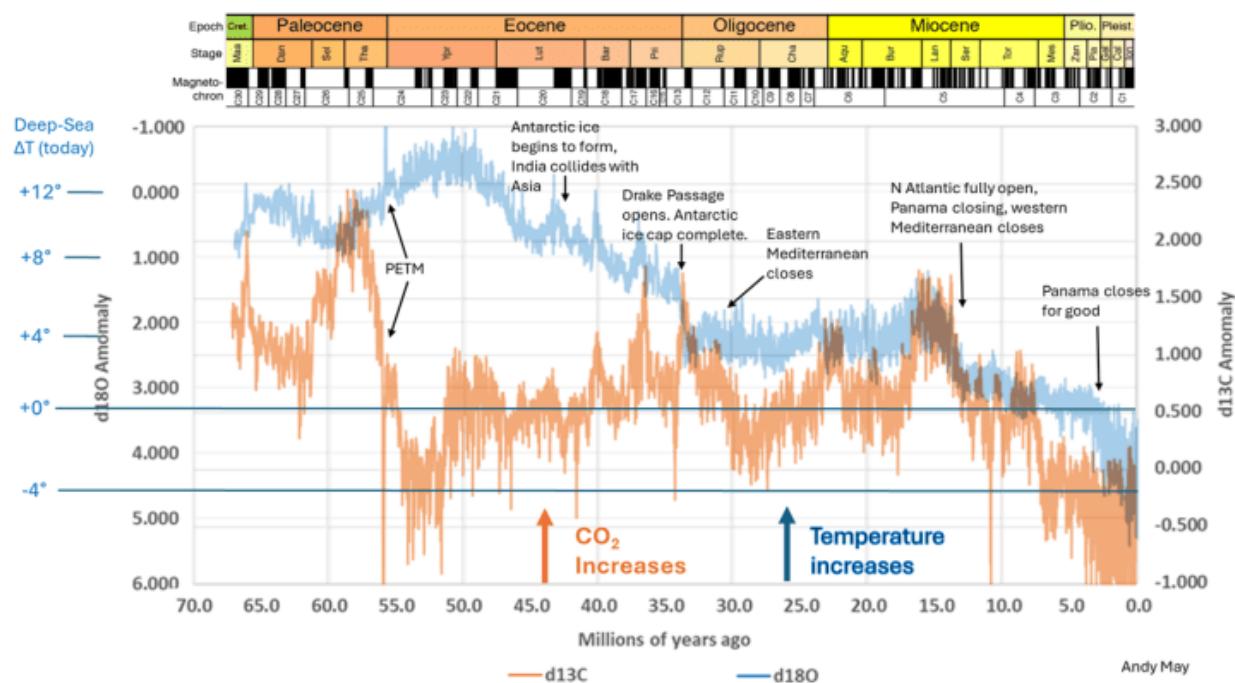


Abbildung 1. Die d180-Temperatur der Tiefsee in blau im Vergleich zu den d13C-Proxies in orange für das Känozoikum. Sowohl die Temperatur als auch d13C nehmen nach oben hin zu. Daten aus (Westerhold, et al., 2020).

Wichtige plattentektonische Ereignisse sind in Abbildung 1 vermerkt, und eine Umrechnung von d18O in die Tiefseetemperatur ist in blau auf der linken Seite angegeben. Die höchsten Temperaturen im Känozoikum stammen aus dem frühen Eozän (~56-48 Ma), als die Tiefseetemperatur um mehr als 12 °C höher lag als heute. Dies ging mit einem dramatischen Rückgang des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Tiefsee einher. Wie bereits erwähnt, ist d13C kein Schätzwert für die CO<sub>2</sub>-Konzentration, steht aber in Beziehung zu ihr. Proxy-Schätzungen von CO<sub>2</sub> aus Rae et al. werden in Abbildung 2 mit Westerholds d13C-Schätzungen verglichen:

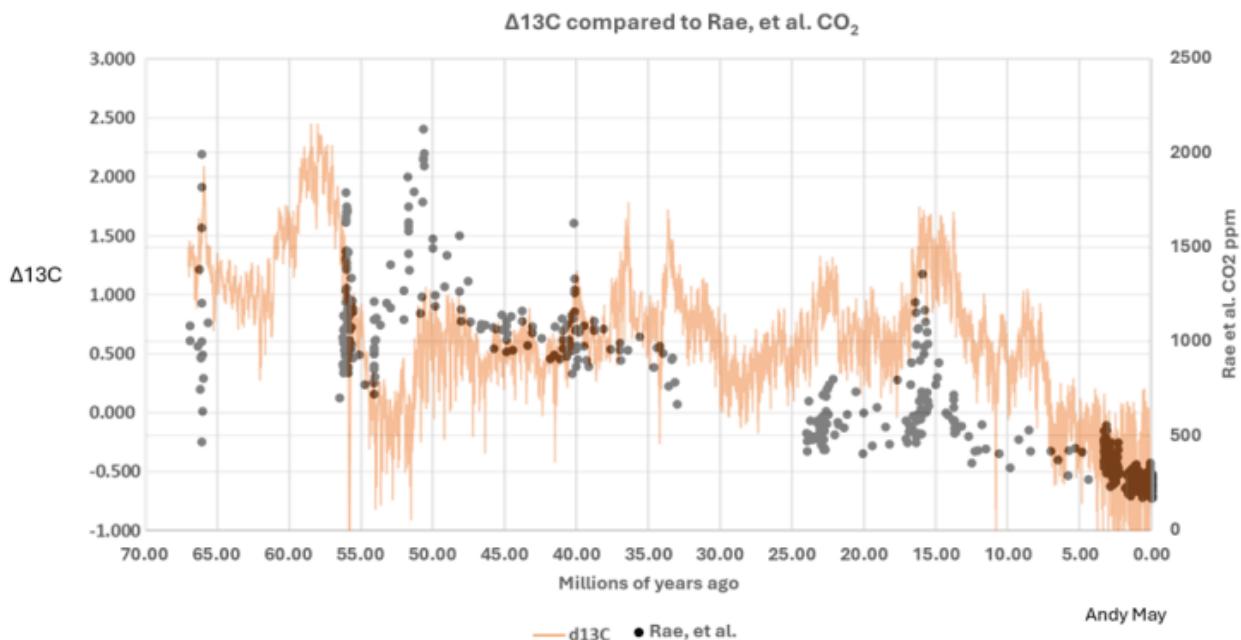


Abbildung 2. Westerholds d13C im Vergleich zu Raes CO<sub>2</sub>-Konzentration für das Känozoikum. Die d13C-Daten stammen aus (Westerhold, et al., 2020) und die CO<sub>2</sub>-Proxydaten aus (Rae, et al., 2021). Die beiden Werte messen unterschiedliche Dinge und sind unabhängig.

Die Übereinstimmung in Abbildung 2 ist nicht groß, und beide Datensätze haben Probleme, aber die Ähnlichkeiten in den Trends sind offensichtlich. Die von Rae et al. berichteten Schätzungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration sind diskontinuierlich und stammen von einer Vielzahl von Proxies, die von vielen verschiedenen Autoren mit vielen verschiedenen Techniken datiert wurden. Aus der Streuung wird deutlich, dass die Annahme, dass CO<sub>2</sub> weltweit gleichmäßig verteilt ist, auf dieser komprimierten Zeitskala nicht zutrifft. Man beachte, dass das PETM-Ereignis (Paleozän-Eozän-Thermal-Maximum), die Kohlenstoff-Isotopen-Exkursion (CIE) bei ~56 Ma, in beiden Aufzeichnungen dramatisch auffällt. Diese große Divergenz im Verhältnis von Kohlenstoff-13 zu Kohlenstoff-12 ist ein auffälliges globales Phänomen in den Gesteinsaufzeichnungen und ein zuverlässiger geologischer Zeitmarker, der zwischen 55,6 und 55,4 Ma auftrat. Mögliche Gründe für den CIE und das PETM werden hier diskutiert. Dieses geologische Ereignis und die

darauf folgende Warmzeit stellen das dramatischste klimatische Ereignis im Känozoikum dar.

Ein wichtiges Ereignis zu Beginn des PETM, zwischen 56 und 55,6 Ma, war der Vulkanismus der Nordatlantischen Igneous Province oder „NAIP“. Dabei handelte es sich um eine riesige Serie von Vulkanausbrüchen, die mit der Öffnung des Nordatlantiks einhergingen und über 5 km Lava zwischen Grönland und Nordeuropa verteilt (Stokke, et al., 2020). Dadurch wurde die Nordsee fast zu einem See. Doch unabhängig von den Gründen für das PETM und das frühe Eozän-Klimaoptimum (EECO, ~56-48 Ma) sind sie in den Gesteinsaufzeichnungen deutlich erkennbar und in geologischen Abschnitten überall auf der Welt leicht zu identifizieren.

Nach dem EECO beginnen die Tiefseetemperaturen einen langen Rückgang. Zunächst steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt an, doch zu Beginn des Oligozäns beginnt er zu sinken, wobei der Rückgang im mittleren Miozän noch dramatischer wird.

## Wichtige plattentektonische Ereignisse im Känozoikum

Während des PETM und in der darauf folgenden Warmzeit waren die Kontinente wie in Abbildung 3 dargestellt angeordnet:

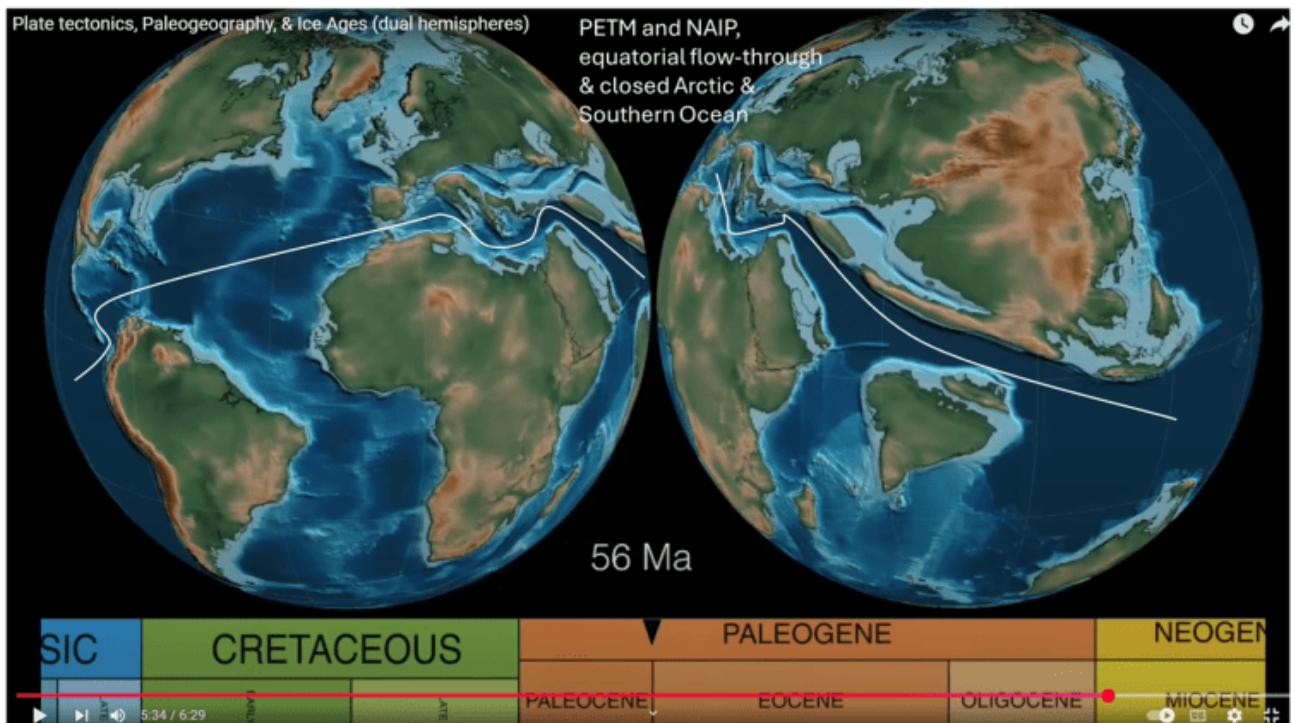


Abbildung 3. Die Konfiguration der Kontinente 56 Ma. [Quelle:](#) Christopher Scotese, 2019. Die weiße Linie zeigt die Verbindung zwischen allen Ozeanen in niedrigen Breitengraden, und der Text oben wurde vom Autor hinzugefügt.

Man beachte, dass alle Ozeane durch einen Seeweg in den unteren und

mittleren nördlichen Breiten verbunden sind, der mit einer weißen Linie markiert ist. Indien bewegt sich durch den Indischen Ozean und ist auf dem Weg, mit Asien zusammenzustoßen. Die Arktis ist wahrscheinlich durch Land isoliert, und der Südliche Ozean ist durch Landmassen blockiert, die Südamerika und Australien mit der Antarktis verbinden. Dies ist die wärmste planetarische Konfiguration und die EECO, die sowohl von Christopher Scotese (Scotese, Song, Mills, & Meer, 2021) als auch von Westerhold et al. als „Treibhausklima“ eingestuft wird. Bei Treibhausklimata liegen die globalen Durchschnittstemperaturen (Land und Ozean) über 20 °C, und es gibt an beiden Polen kein ganzjähriges Eis.

Die arktischen Meerestemperaturen (SST) während der EECO könnten 24°C erreicht haben. Die Schätzungen der heutigen globalen durchschnittlichen SST variieren ein wenig, aber HadSST4 schätzt einen globalen Durchschnitt von etwa 20,5 °C und NOAA schätzt etwa 19,7 °C, so dass die arktische SST-Temperatur während des EECO wahrscheinlich 4 °C höher war als der heutige globale Durchschnitt.

Das nächste große Ereignis ist die Kollision zwischen Indien und Asien, die zwischen 46 und 44 Ma stattfindet (siehe Abbildung 4). Die Kollision begann bereits vor 59 Mio. Jahren, aber marine Fossilien in Himalaya-Sedimenten verschwinden erst ab 45 Mio. Jahren (Hu et al., 2016).

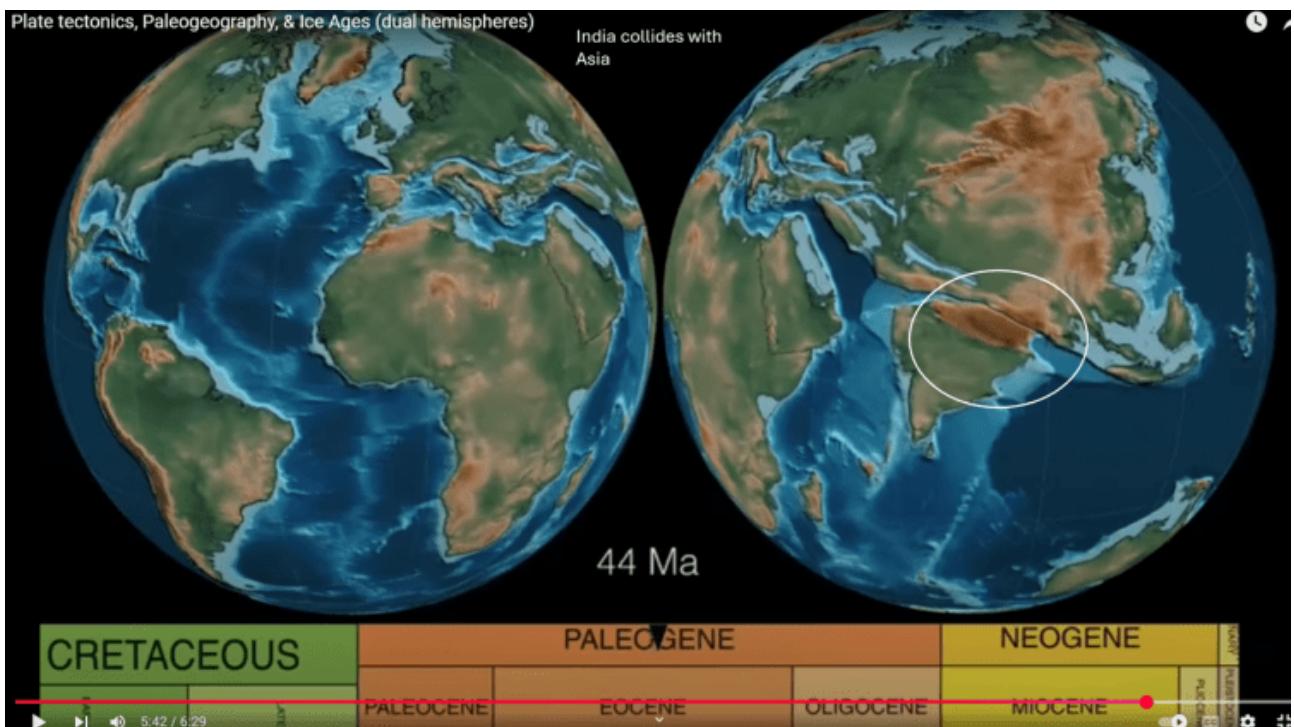


Abbildung 4. Indien kollidiert mit Asien. Quelle: Chris Scotese, 2019. Kreis und Text vom Autor hinzugefügt.

Diese Kollision geht mit einer leichten Abkühlung und einem Anstieg des CO<sub>2</sub> einher. Wenn der Himalaya nach dieser Kollision wächst, beginnt er planetarische Wellen (genauer gesagt orografische Schwerewellen) zu

verursachen, die das Wetter der nördlichen Hemisphäre dramatisch beeinflussen können (Trenberth & Chen, 1988) und (Kuchar, et al., 2022). Planetarische Wellen wirken sich auf den Nordpolarwirbel aus, der das Winterwetter der nördlichen Hemisphäre maßgeblich bestimmt.

Das nächste große Ereignis ist die Öffnung der Drake-Passage, die den Südlichen Ozean rund um die Antarktis verbindet. Dieses Ereignis vollzieht sich sehr allmählich, scheint aber, wie in Abbildung 5 dargestellt, um 34 Ma abgeschlossen zu sein. Wie bei den meisten Öffnungen oder Schließungen von Ozeanpassagen ist es schwer, den genauen Zeitpunkt zu bestimmen, und die Schätzungen über den Zeitpunkt der Öffnung [schwanken](#) zwischen 49 und 17 Ma. Das antarktische Eis begann um 44 Mio. zu wachsen, und um 34 Mio. ist die Eiskappe vollständig. Dies fällt mit einem dramatischen Rückgang der globalen Temperatur und einem Rückgang des CO<sub>2</sub>-Gehalts zusammen.

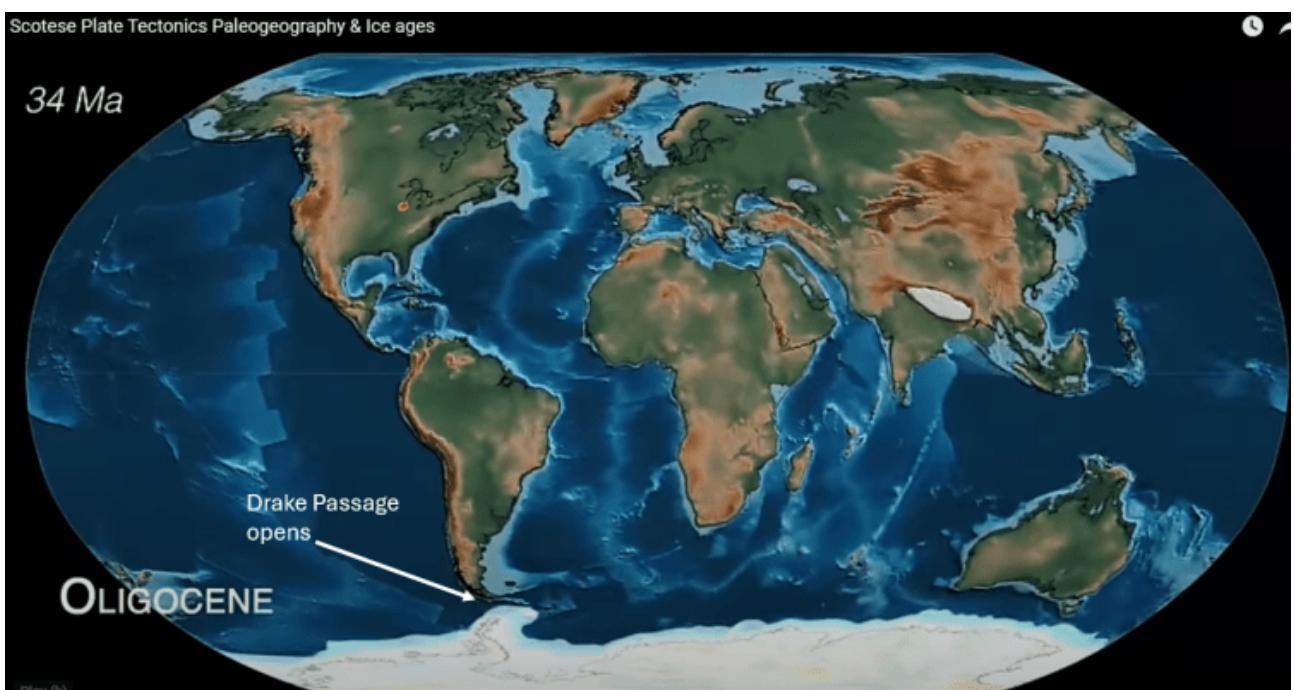


Abbildung 5. Die Drake-Passage öffnet sich und verbindet das gesamte Südpolarmeer. [Quelle:](#) Chistopher Scotese, 2019b.

Das nächste große Ereignis ereignet sich um 31 Ma, als das östliche Mittelmeer vom Indischen Ozean abgeschnitten wird (siehe Abbildung 6). Der Zeitpunkt der Abtrennung des Mittelmeers vom Indischen Ozean wird oft diskutiert und könnte bis zu 14 Mio. Jahre zurückliegen. Wir bevorzugen einen früheren Zeitpunkt, irgendwann zwischen 31 und 24 Mio. Jahren. Die Sedimentologie deutet darauf hin, dass das [späteste](#) mögliche Datum für die Schließung 24 Ma war.

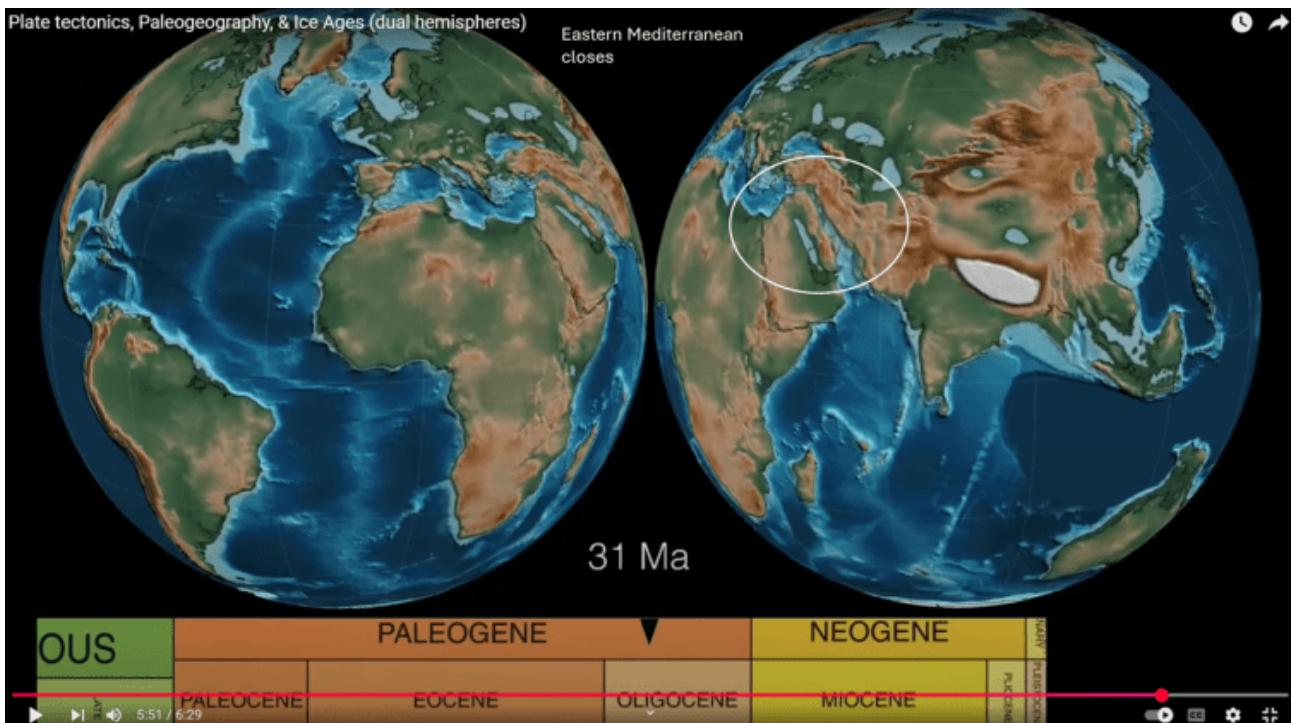


Abbildung 6. Die Schließung des östlichen Mittelmeers. Quelle: [Chris Scotese, 2019](#).

Als Nächstes, um 17 Ma, öffnet sich der Nordatlantik vollständig und verbindet sich mit der Arktis. Panama beginnt sich wahrscheinlich zu diesem Zeitpunkt zu schließen und schränkt die Verbindung zwischen dem Atlantik und dem Pazifik ein, und das westliche Mittelmeer schließt sich bei Spanien. Der westliche Mittelmeerraum könnte sich erst ab 6 Ma geschlossen haben, aber mit Sicherheit war er ab 17 Ma stark eingeschränkt. Diese Ereignisse fallen mit einem dramatischen Rückgang der globalen Temperaturen und des CO<sub>2</sub> in der Tiefsee zusammen. Die Ereignisse sind in Abbildung 7 eingekreist. Die Öffnung des Nordatlantiks ist mit etwa 13 Mio. Jahren abgeschlossen, die vollständige und dauerhafte **Schließung** Panamas ist erst mit etwa 3 Mio. Jahren erreicht.

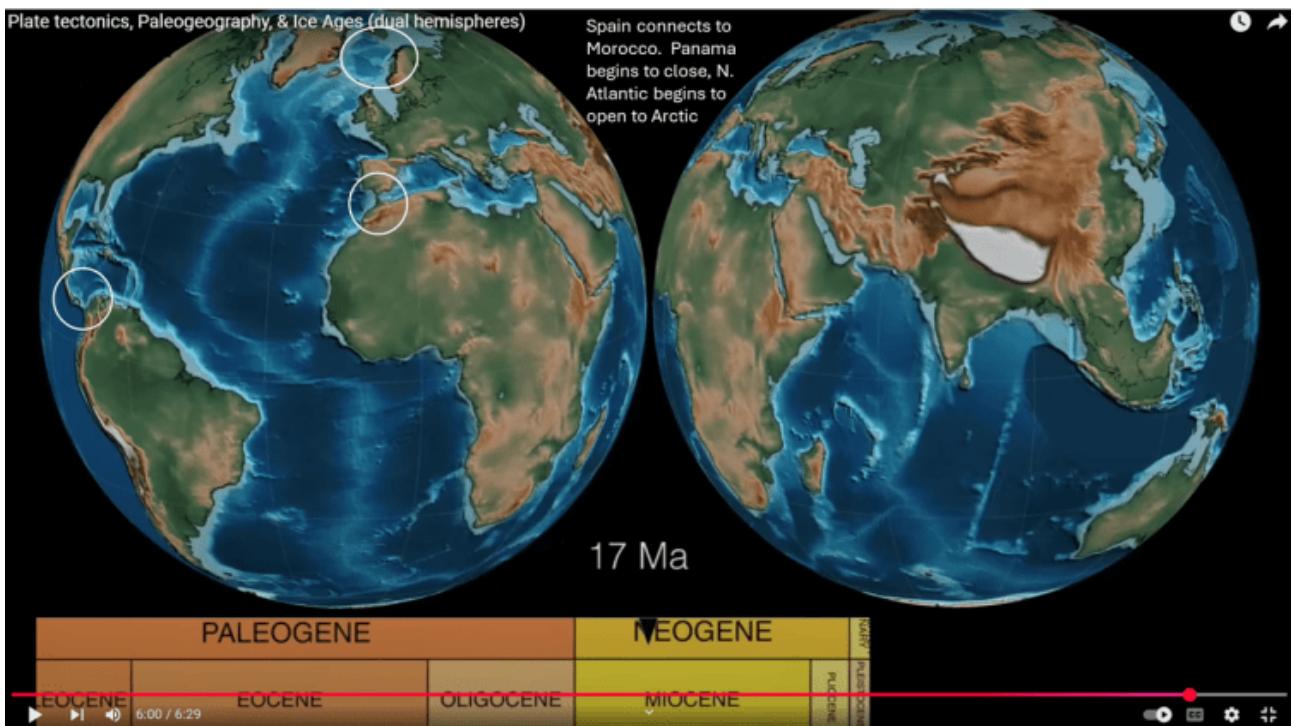


Abbildung 7. Der Nordatlantik beginnt sich zu öffnen, Panama beginnt sich zu schließen, und Spanien verbindet sich mit Marokko. [Quelle:](#) Chris Scotese, 2019.

Diese sehr dramatischen Ereignisse fallen mit einem steilen Temperatur- und CO<sub>2</sub>-Abfall zusammen, der das klimatische Optimum des Mittel-Miozäns beendet. Die Schließung des Isthmus von Panama nimmt viel Zeit in Anspruch, und der genaue Zeitpunkt der Schließung ist Gegenstand vieler Debatten (Coates & Stallard, 2013), aber die Schließung ist mit Sicherheit um 3 Ma [abgeschlossen](#), wie in Abbildung 8 gezeigt:

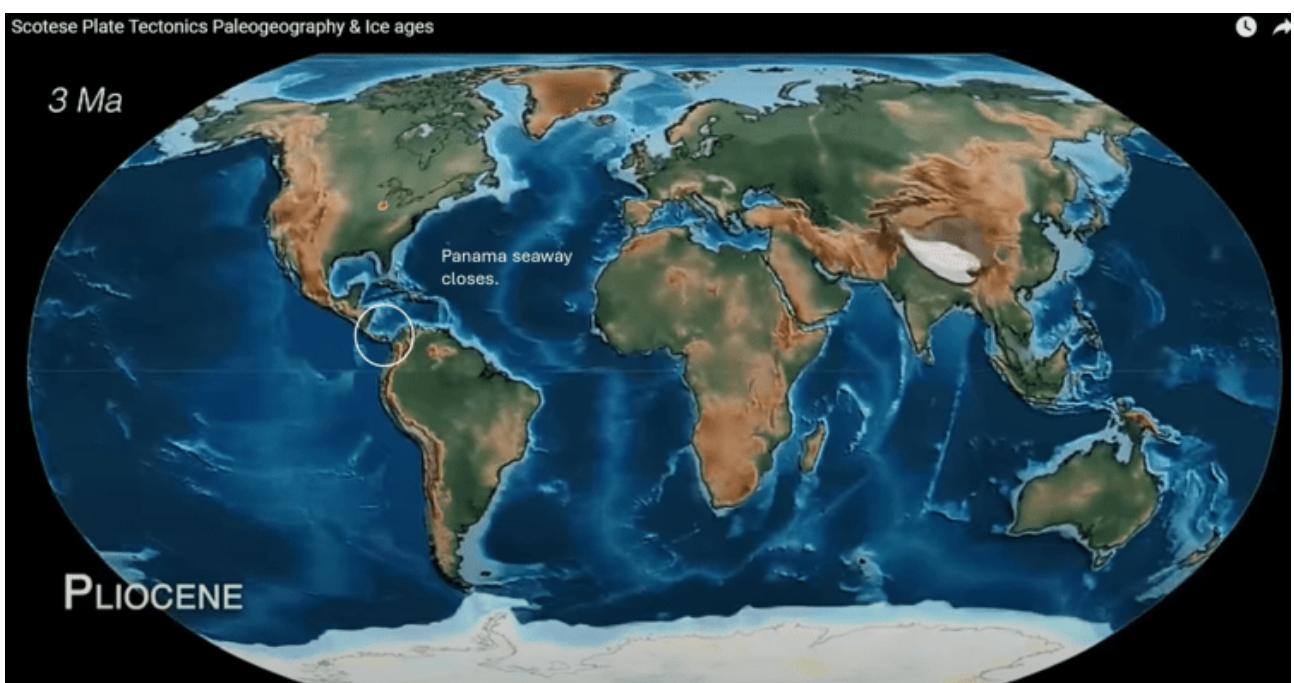


Abbildung 8. Panama schließt sich. [Quelle:](#) Christopher Scotese, 2019b. Die endgültige Schließung des Panama-Seewegs fällt mit einem dramatischen Rückgang der globalen Temperatur zusammen, während wir in das pleistozäne Eiszeitalter eintauchen.

## Schlussfolgerungen

Langfristige Klimaveränderungen haben viele Ursachen, aber einer der wichtigsten Faktoren ist die Plattentektonik und die Kontinentalverschiebung. Wenn die Kontinente und Ozeane wie heute in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet sind, was die West-Ost-Luftströmung (zonale Luftströmung) einschränkt und die Nord-Süd-Luftströmung ([meridionale](#) Luftströmung) begünstigt, ist die Welt kälter. Das Gegenteil ist der Fall, wenn die West-Ost-Strömung durch offene Ozeanverbindungen in den mittleren und niedrigen Breiten gefördert wird, wie in Abbildung 3 dargestellt.

Ein weiterer wichtiger Einfluss auf den langfristigen Klimawandel sind die [Milankovitch-Zyklen](#) (siehe auch [hier](#)). Der Einfluss der Plattentektonik auf den Klimawandel ist sehr langfristig, in der Größenordnung von mehreren zehn Millionen Jahren, während die Milankovitch-Zyklen in der Größenordnung von Hunderttausenden von Jahren wirken. Kürzere Veränderungsperioden hängen normalerweise mit Veränderungen in der Sonne selbst zusammen, die in [Zeiträumen](#) von weniger als ein paar tausend Jahren ablaufen.

In der Westerhold-Studie, aus der die hervorragenden Daten in Abbildung 1 stammen, stellten die Autoren eine starke Korrelation zwischen den astronomischen Milankovitch-Zyklen von 21, 41, 100 und 405 Tausend Jahren (kyr) Länge und den Mustern in ihren globalen d18O- und d13C-Daten der Tiefsee fest. Da die sich wiederholenden astronomischen Milankovitch-Zyklen berechenbar und zuverlässiger und genauer als jede andere Datierungstechnik sind, verwendeten sie diese, um die in Abbildung 1 gezeigten Daten zu ordnen und zu datieren. Wie das funktioniert, beschreiben sie in Abschnitt 5 („Astrochronologie“) ihres Zusatzmaterials. Für Aufzeichnungen, die älter als 20 Ma sind, konnten nur die längeren Exzentrizitätszyklen verwendet werden. Der auffälligste und stabilste Zyklus war der Exzentrizitätszyklus von 405 kyr.

Westerhold et al. kommen zu dem Schluss, dass ihre Chronologie für das Pleistozän und Eozän eine Genauigkeit von  $\pm 100$  kyr, für das Oligozän  $\pm 50$  kyr und für das Miozän und Pleistozän  $\pm 10$  kyr aufweist. Diese Art von Genauigkeit ist bemerkenswert, wenn sie stimmt, und sie scheint angesichts ihres Verfahrens angemessen.

Vergleicht man die bekannten Klimaveränderungen im Känozoikum mit der plattentektonischen Rekonstruktion von Scotese, so zeigt sich eine Übereinstimmung der großen Klimaveränderungen mit großen geologischen Ereignissen auf einer Skala von vielen Millionen Jahren. Daraus lässt

sich leicht und logisch schließen, dass die geologischen Ereignisse die längerfristigen Veränderungen verursacht haben. Ich fand es sehr ermutigend, dass Westerhold et al. die astronomischen Milankovitch-Zyklen in ihren Tiefseefossilien so deutlich „sehen“ konnten, dass sie für deren Datierung verwendet werden konnten. Eines der größten Probleme beim Vergleich von CO<sub>2</sub>-Aufzeichnungen mit Temperaturlaufzeichnungen besteht darin, dass die CO<sub>2</sub>-Aufzeichnungen anhand anderer Proben erstellt werden, die getrennt von den Temperatur-Proxy-Proben datiert werden müssen. Daher habe ich viel mehr Vertrauen in die d13C-Daten in den Abbildungen 1 und 2 als in die Daten von Rae et al. in Abbildung 2. Außerdem überlassen die auffälligen Lücken in den CO<sub>2</sub>-Daten von Rae et al. zu viel der Fantasie.

Westerholds d13C-Proxy für die Tiefsee ist kein direkter CO<sub>2</sub>-Proxy, aber er kann direkt mit dem d18O-Temperatur-Proxy gepaart werden, und er ist kontinuierlich. Diese Eigenschaften machen ihn meiner Meinung nach anderen CO<sub>2</sub>-Proxys überlegen.

Ich sollte anmerken, dass der genaue Zeitpunkt der großen plattentektonischen Ereignisse, die in diesem Beitrag besprochen werden, Gegenstand heftiger Debatten in der geologischen Gemeinschaft sind (Hu, et al., 2016; Torfstein & Steinberg, 2020, Coates & Stallard, 2013). Die genauen Daten, wann Indien mit Asien kollidierte, der Isthmus von Panama sich schloss oder der Nordatlantik sich zur Arktis hin öffnete, sind nicht bekannt. Sie ereigneten sich über Millionen von Jahren, und verschiedene geologische Studien können je nach den verwendeten Daten unterschiedliche Daten liefern. Die in dieser Studie angegebenen Daten beruhen daher nur auf meinem besten Wissen und stehen zur Diskussion.

*Download the bibliography [here.](#)*

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2025/03/29/plate-tectonics-and-climate-during-the-cenozoic/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE

---

**Künstliche Intelligenz (KI) macht  
Fortschritte in der Welt der**

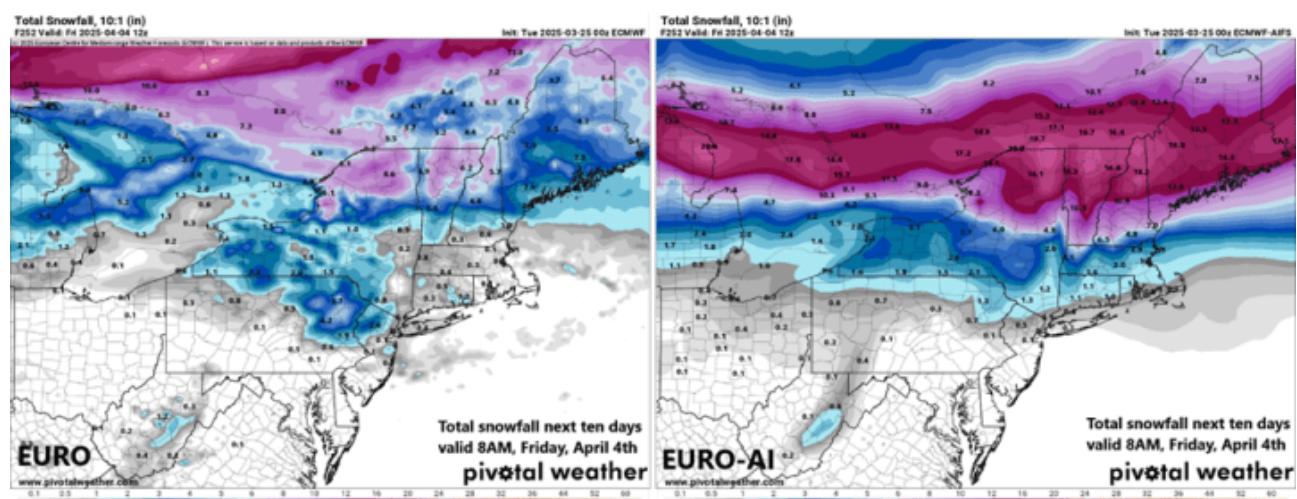
# Wettervorhersage...EZMW macht sein KI-Modell voll einsatzfähig

geschrieben von Chris Frey | 2. April 2025

**Paul Dorian**

## Überblick

Künstliche Intelligenz (KI) ist eine Sammlung von Technologien, die es Computern ermöglichen, Aufgaben zu erfüllen, die normalerweise menschliche Intelligenz erfordern, und sie wirkt sich zunehmend auf die Welt der Wettervorhersage aus. Das Europäische Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) hat mit seinem Vorhersagesystem mit künstlicher Intelligenz (AIFS) große Fortschritte gemacht, ist es doch seit kurzem voll einsatzfähig und wird nun Seite an Seite mit seinem traditionellen, auf Physik basierenden integrierten Vorhersagesystem (IFS) betrieben. Nach Angaben des EZMW hat das AIFS das physikalische Modell in vielen Bereichen übertrffen, z. B. bei den Zugbahnen tropischer Wirbelstürme. Neben dem AIFS des ECMWF gibt es mindestens vier weitere bekannte „KI-trainierte“ Wettermodelle, darunter NOAA/Google GraphCast, Aurora von Microsoft, FourCast von NVIDIA und Pangu-Weather von Huawei.



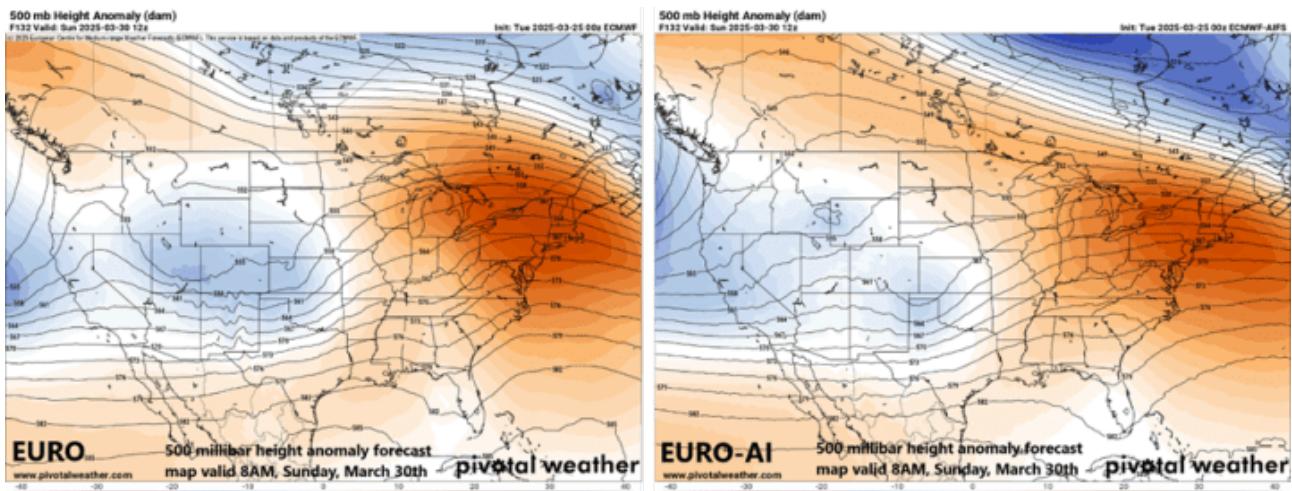
Ein Vergleich zwischen dem konventionellen europäischen Vorhersagemodell (links) und der Euro-AI-Version (rechts) der „Gesamtschneemengen“ in den kontinentalen USA für den Zeitraum bis Freitagmorgen, 4. April. Karten mit freundlicher Genehmigung des EZMW, Pivotal Weather

## Diskussion

Der traditionelle Ansatz für die Wettervorhersage ist die numerische Wettervorhersage (NWP), die sich auf aktuelle Bedingungen, physikalische

Modelle und die Lösung komplexer Gleichungen auf leistungsstarken Supercomputern stützt, um Parameter wie Temperatur, Luftdruck, Winde und Niederschlag für die Zukunft zu ermitteln. Modelle der künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere des maschinellen Lernens, werden zunehmend zur Verbesserung der Wettervorhersage eingesetzt, indem sie aus großen Wetterdatensätzen lernen, um Muster und Trends zu erkennen. KI-Modelle können Daten schneller verarbeiten und komplexe Muster erkennen, was zu schnelleren und genaueren Vorhersagen führen kann. Die zunehmend wichtige Rolle der KI bei der Wettervorhersage wird darin bestehen, traditionelle NWP-Modelle zu ergänzen und zu verbessern.

Das Europäische Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) hat mit seinem Artificial Intelligence Forecasting System (AIFS) das erste voll funktionsfähige Wettervorhersagemodell entwickelt, das maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz nutzt. Die Inbetriebnahme eines solchen Systems bedeutet, dass es offen zugänglich ist und rund um die Uhr für die meteorologische Gemeinschaft zur Verfügung steht. Das AIFS kann eine breite Palette von Ausgabeparametern erzeugen, darunter Winde, Temperaturen und Details zu Niederschlagsarten von Schnee bis Regen. Das AIFS hat derzeit einen Gitterabstand von 28 km und kann nach Angaben des EZMW sein physikbasiertes Gegenstück bei bestimmten Messungen bis zu 20 % übertreffen.



Ein Vergleich zwischen dem konventionellen europäischen Vorhersagemodell (links) und der Euro-KI-Version (rechts) der „500-Millibar-Höhenanomalien“ über dem US-amerikanischen Festland für den Validierungszeitpunkt am Sonntag, den 30. März um 8 Uhr morgens. Karten mit freundlicher Genehmigung von ECMWF, Pivotal Weather

Das AIFS verwendet für seine Vorhersagen die gleichen atmosphärischen Ausgangsbedingungen wie das IFS. Diese basieren auf der Kombination einer früheren Kurzzeitvorhersage mit etwa 60 Millionen qualitätskontrollierten Beobachtungen von Satelliten sowie vielen anderen Datenströmen, darunter von Flugzeugen, Schiffen, Seebojen und vielen anderen Messstationen auf der Erde. Alle sechs Stunden fließen

diese Ausgangsbedingungen in das AIFS ein. Das maschinelle Lernmodell, das auf der Grundlage der Wetterentwicklung in der Vergangenheit trainiert wurde bewertet, wie die Ausgangsbedingungen das Wetter in den kommenden Tagen beeinflussen werden. Im Gegensatz dazu nutzt das IFS physikalische Fähigkeiten, um eine Vorhersage mit einer Rasterweite von 9 km über den Globus zu erstellen, wobei die Gesetze der Physik in den Computercode integriert werden.



Meteorologen schenken einem einzelnen Modell selten ihr volles Vertrauen, sondern betrachten stattdessen eine Reihe von Modellvorhersagen. Die meisten globalen Modelle berechnen alle sechs Stunden 10-Tage-Vorhersagen, und eine Möglichkeit, die Zuverlässigkeit eines Modells zu beurteilen, besteht darin, seine Konsistenz von Durchlauf zu Durchlauf zu überprüfen. Das Modell Euro-AI schnitt bei diesem Test für den Hurrikan Francine im September 2024 gut ab, da es in jedem Durchlauf von 96 Stunden bis zum Eintreffen des Hurrikans in der Nähe von Morgan City in Louisiana. Karten mit freundlicher Genehmigung von [foxweather.com](http://foxweather.com)

Die erste operationelle Version wird als AIFS „Single“ bezeichnet. Sie führt jeweils eine einzige Vorhersage durch, eine so genannte deterministische Vorhersage. Das EZMW treibt dieses Modell jedoch voran, um eine Sammlung von 50 verschiedenen Vorhersagen mit geringfügigen Abweichungen zu einem bestimmten Zeitpunkt zu erstellen, um die gesamte Bandbreite möglicher Szenarien zu erfassen. Dies ist als Ensemble-Modellierung bekannt, ein Verfahren, welches vom EZMW vor mehr als dreißig Jahren entwickelt und eingeführt wurde. Nach Angaben des EZMW ist die Einführung von AIFS „Single“ als operationeller Dienst der erste Schritt zur Verbesserung seiner Vorhersagefähigkeiten durch künstliche

Intelligenz. Der nächste Schritt wird darin bestehen, auch Ensemble-Vorhersagen unter Verwendung künstlicher Intelligenz und Vorhersagen mit erweiterter Reichweite (saisonale Vorhersagen) zur Verfügung zu stellen, und wir werden die Fortschritte hier auf [Arcfield Weather](#) weiter verfolgen.

Meteorologe Paul Dorian, Arcfield ([arcfieldweather.com](http://arcfieldweather.com))

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2025/03/27/artificial-intelligence-ai-making-strides-in-the-world-of-weather-forecasting-european-center-for-forecasting-makes-its-ai-model-fully-operational/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE

---

## **Instabile Wissenschaft? Grundlage der Politik wackelt! Klimaschau 218**

geschrieben von AR Göhring | 2. April 2025

Eine von Wissenschaftlern der Royal Holloway University of London geleitete Studie hat ergeben, dass die von politischen Entscheidungsträgern im Bereich des Naturschutzes und des Umweltmanagements verwendeten Forschungsergebnisse im Laufe der Zeit instabil sind und schnell veralten können. Dies stellt eine ernsthafte potenzielle Bedrohung für eine faktengestützte Entscheidungsfindung dar. Die Forschungsarbeiten wurden von Lizzie Brisco und Julia Koricheva vom Fachbereich Biowissenschaften der Royal Holloway in Zusammenarbeit mit Elena Kulinskaya von der University of East Anglia geleitet.