

„Was wäre, wenn“ in „Wie viele“ verwandeln: Die rhetorische Alchemie der Klima-Modellierung

geschrieben von Chris Frey | 12. Februar 2026

[Charles Rotter](#)

Ein jüngst in *Nature* veröffentlichter [Artikel](#) mit dem Titel „Projected impacts of climate change on malaria in Africa“ (Prognostizierte Auswirkungen des Klimawandels auf Malaria in Afrika) liefert ein Lehrbuchbeispiel dafür, wie mehrschichtige Modellunsicherheiten durch sorgfältige Formulierung in quantifizierte Vorhersagen umgewandelt werden können, die weitaus aussagekräftiger erscheinen, als es die zugrunde liegenden Beweise rechtfertigen. Die Schlagzeilen sind erschreckend: Bis Mitte des Jahrhunderts wird es aufgrund des Klimawandels zu 123 Millionen zusätzlichen Malariafällen und mehr als 500.000 zusätzlichen Todesfällen kommen. Diese Zahlen werden bereits so verbreitet, als würden sie ein messbares zukünftiges Risiko beschreiben. Eine genaue Lektüre des Artikels selbst ergibt jedoch ein ganz anderes Bild.

[nature](#) > [articles](#) > [article](#)

Article | [Open access](#) | Published: 28 January 2026

Projected impacts of climate change on malaria in Africa

[Tasmin L. Symons](#), [Alexander Moran](#), [Ann Balzarolo](#), [Camilo Vargas](#), [Mairi Robertson](#), [Jailos Lubinda](#), [Adam Saddler](#), [Michael McPhail](#), [Joseph Harris](#), [Jennifer Rozier](#), [Annie Browne](#), [Punam Amratia](#), [Amelia Bertoza-Villa](#), [Samir Bhatt](#), [Ewan Cameron](#), [Nick Golding](#), [David L. Smith](#), [Abdisalan M. Noor](#), [Susan F. Rumisha](#), [Matthew D. Palmer](#), [Daniel J. Weiss](#), [Naomi Desai](#), [David Potere](#), [Nicholas Sukitsch](#), ... [Peter W. Gething](#) 

[+ Show authors](#)

[Nature](#) (2026) | [Cite this article](#)

[23k](#) Accesses | [253](#) Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Ausrottung der Malaria in diesem Jahrhundert sind nach wie vor kaum geklärt [1,2]. Viele Studien konzentrieren sich isoliert auf die Ökologie von Parasiten und Vektoren und vernachlässigen dabei die Wechselwirkungen zwischen Klima,

Malariabekämpfung und sozioökonomischem Umfeld, einschließlich der Störungen durch extreme Wetterereignisse [3,4]. Hier integrieren wir 25 Jahre afrikanischer Daten zu Klima, Malariabelastung und -bekämpfung, sozioökonomischen Faktoren und extremen Wetterereignissen. Mit Hilfe eines geotemporalen Modells, das mit einer Reihe von Klimaprognosen unter dem Szenario „Shared Socioeconomic Pathway 2-4.5“ (SSP 2-4.5) [5] verknüpft ist, schätzen wir die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf die Malariabelastung in Afrika, einschließlich ökologischer und disruptiver Effekte. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Klimawandel zwischen 2024 und 2050 bei den derzeitigen Bekämpfungsmaßnahmen zu 123 Millionen (Prognosebereich 49,5 Millionen bis 203 Millionen) zusätzlichen Malariafällen und 532.000 (195.000–912.000) zusätzlichen Todesfällen in Afrika führen könnte. Entgegen der vorherrschenden Fokussierung auf ökologische Mechanismen erweisen sich extreme Wetterereignisse als Hauptursache für das erhöhte Risiko und sind für 79 % (50–94 %) der zusätzlichen Fälle und 93 % (70–100 %) der zusätzlichen Todesfälle verantwortlich. Der Anstieg ist größtenteils auf eine Intensivierung in bestehenden Endemiegebieten und weniger auf eine Ausbreitung zurückzuführen, wobei die Auswirkungen regional sehr unterschiedlich sind. Diese Ergebnisse unterstreichen die dringende Notwendigkeit klimaresistenter Strategien zur Malariabekämpfung und robuster Notfallmaßnahmen, um die Fortschritte bei der Ausrottung der Malaria zu sichern. –

<https://www.nature.com/articles/s41586-025-10015-z>

Dies ist keine Studie, die neue empirische Erkenntnisse über die Übertragung von Malaria liefert. Es handelt sich vielmehr um eine Übung zur Szenarioerstellung. Die Ergebnisse basieren auf einer langen Kette von Annahmen, Modellen und Parameterauswahlen, die jeweils für sich genommen zwar vertretbar sind, in ihrer Gesamtheit jedoch einen Eindruck von Präzision vermitteln, den die Vorbehalte der Autoren selbst nicht stützen.

Die Studie beginnt damit, dass sie sich als Korrektiv zu früheren Arbeiten positioniert und argumentiert, dass sich frühere Studien zu sehr auf ökologische Mechanismen konzentriert und soziale und infrastrukturelle Störungen vernachlässigt hätten. Diese Einordnung bereitet den Boden für das, was folgt: eine Abkehr von der Biologie hin zu modellierter institutioneller Fragilität.

„Fast alle bestehenden Prognosen haben eine zentrale Einschränkung: Obwohl sie die Auswirkungen des Klimas isoliert untersuchen, berücksichtigen sie nicht ausreichend die nicht klimabedingten Determinanten der Malariaentwicklung.“

Das klingt vernünftig, aber was diese „Einschränkung“ ersetzt, ist keine Beobachtung. Es handelt sich um einen erweiterten Modellierungsrahmen, der noch mehr unsichere Komponenten einbezieht.

Die Grundlage der Analyse ist das zukünftige Klima. Die Autoren stützen

sich auf heruntergerechnete Ergebnisse des globalen Klimamodells CMIP6 unter dem SSP 2-4.5-Szenario, das als „mittlerer Weg“ beschrieben wird. Es ist bekannt, dass diese Modelle bei den Prognosen zu regionalen Niederschlägen und Extremwetterereignissen in Afrika erheblich voneinander abweichen. Der Artikel versucht, diesem Problem durch die Verwendung von Ensembles zu begegnen, aber die Zusammenführung von unterschiedlichen Ergebnissen beseitigt die Unsicherheit nicht – sie mittelt sie lediglich.

„Die Unsicherheit und Variabilität zwischen den GCMs wurde unter Verwendung eines Ensembles von CMIP6-Mitgliedern berücksichtigt ...“

Dieser Satz hat eine große rhetorische Wirkung. „Berücksichtigt“ klingt beruhigend, aber ein Ensemble-Mittelwert ist keine Validierung. Es handelt sich um einen Kompromiss zwischen widersprüchlichen Modellstrukturen, die alle gemeinsame Annahmen und Verzerrungen aufweisen.

Diese Klimaprognosen werden dann auf ein 5×5-km-Raster heruntergerechnet und in mechanistische Modelle eingespeist, die Temperatur, Niederschlag und Luftfeuchtigkeit in Indizes für die Eignung von Mücken und Parasiten umwandeln. Diese Modelle sind in hohem Maße nichtlinear und empfindlich gegenüber Schwellenwerten. Kleine Fehler in den Klimadaten führen zu großen Schwankungen in der Übertragungsgeeignetheit. Dies ist eine Eigenschaft der Modelle – wird jedoch bei der Zusammenfassung der Ergebnisse selten hervorgehoben.

Die Eignungsindizes werden dann als Prädiktoren in einem mehrschichtigen statistischen Rahmen verwendet, der lineare Modelle, verallgemeinerte additive Modelle, Boosted Regression Trees und einen bayessischen geostatistischen Glätter kombiniert. Der Mechanismus ist kompliziert, aber auch undurchsichtig. Selbst die Autoren räumen ein, dass das Unsicherheitsverhalten solcher Systeme kaum verstanden wird.

„Derzeit gibt es nur wenige Präzedenzfälle für die vollständige Charakterisierung der Unsicherheit in mehrschichtigen Modellen, insbesondere bei der Anwendung auf räumlich korrelierte Daten.“

Diese Feststellung sollte die Interpretation der Ergebnisse grundlegend einschränken. Stattdessen ist sie in der Diskussion versteckt, weit entfernt von den Schlagzeilen.

Bis zu diesem Punkt sind die Ergebnisse relativ bescheiden. Betrachtet man allein die ökologischen Auswirkungen, so stellen die Autoren fest, dass die klimabedingten Veränderungen bei der Malariaübertragung gering und uneinheitlich sind – in einigen Regionen nehmen sie zu, in anderen ab, und der kontinentweite Durchschnittseffekt liegt nahe Null.

„Wir gehen davon aus, dass die ökologisch bedingten Auswirkungen des Klimawandels auf die Malariaübertragung für sich genommen bis 2050 zu minimalen Gesamtveränderungen in Afrika führen würden ...“

Dieses Ergebnis wird selten hervorgehoben, da es nicht die Dringlichkeit unterstreicht, die der Titel des Artikels impliziert.

Die dramatischen Zahlen kommen erst zum Vorschein, wenn die Autoren eine zweite Ebene einführen: Störungen durch extreme Wetterereignisse. Überschwemmungen und Wirbelstürme werden modelliert, um Schäden an Wohngebäuden zu verursachen, die Vektorkontrolle zu stören und den Zugang zu Behandlungen zu erschweren. Laut dem Artikel dominieren diese störenden Auswirkungen das Ergebnis.

„Extreme Wetterereignisse sind der Hauptgrund für das erhöhte Risiko und machen 79 % der zusätzlichen Fälle und 93 % der zusätzlichen Todesfälle aus.“

Dies ist der entscheidende Schritt. In der Studie geht es nicht mehr in erster Linie um Klima und Malaria-Ökologie. Es geht um die vermutete Störung von Institutionen und Infrastruktur, die für die nächsten Jahrzehnte prognostiziert wird.

Hier wird die Evidenzbasis besonders dünn. Das Ausmaß und die Dauer der Störungen werden nicht aus großen Datensätzen oder kontrollierten Studien abgeleitet. Sie werden aus einer Literaturrecherche zu heterogenen Fallstudien und 34 Experteninterviews zusammengestellt und dann in Parameter übersetzt, die beschreiben, wie viele Häuser beschädigt werden, wie viele Kliniken schließen und wie lange die Wiederherstellung dauert.

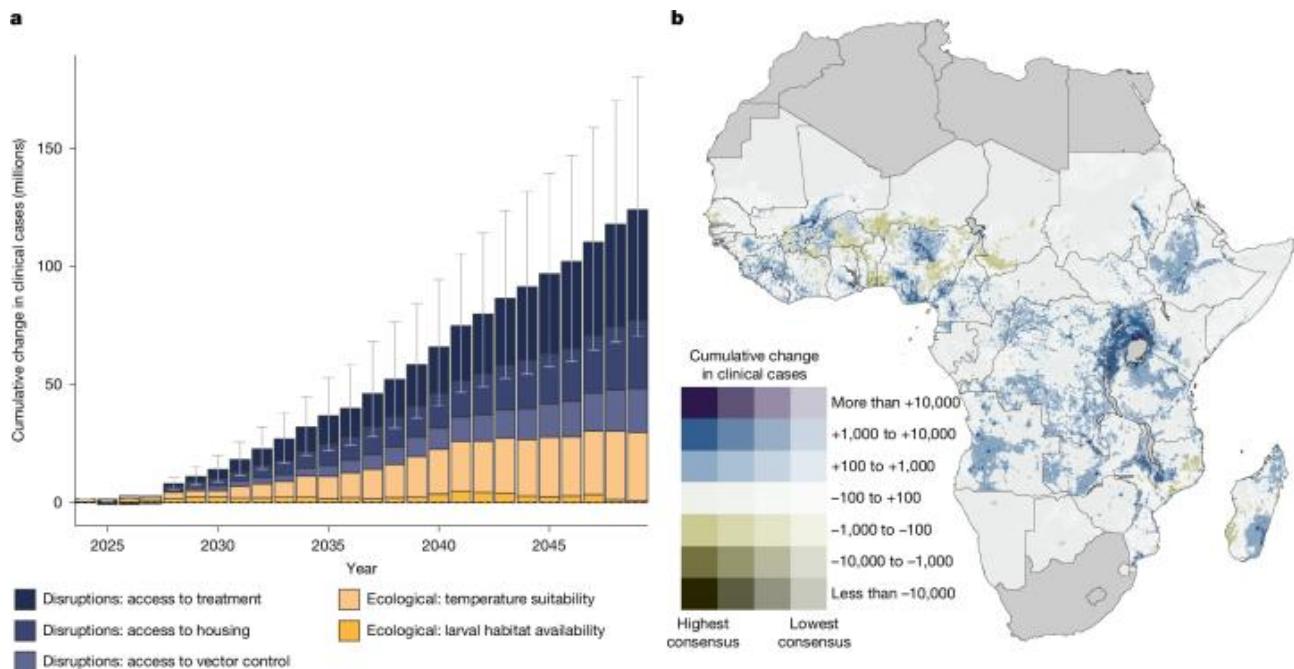
„Die Datenknappheit erforderte einen eher heuristischen Ansatz zur Quantifizierung der wahrscheinlichen Auswirkungen.“

„Heuristisch“ spielt hier eine große Rolle. Diese Parameter werden nicht gemessen. Sie werden als plausibel eingeschätzt. Da die Daten spärlich sind, wenden die Autoren Unsicherheitsspannen von 50 % bis 150 % ihrer zentralen Werte an.

„Ein breiter Unsicherheitsbereich wurde als angemessen erachtet, da die Knappheit der Beobachtungsdaten eine formellere Quantifizierung ausschloss ...“

Diese heuristischen Störparameter werden dann kontinentweit, Monat für Monat, unter simulierten zukünftigen Überschwemmungen und Wirbelstürmen angewendet, die durch klimabedingte Sturm-Modelle erzeugt werden. An diesem Punkt ist das Modell mehrere Ebenen von allem entfernt, was man vernünftigerweise als Beobachtung bezeichnen könnte.

Dennoch werden die Endergebnisse als kumulative Gesamtzahlen von Fällen und Todesfällen mit konkreten Zahlen und Bereichen dargestellt.



a: Prognostizierte kumulative Auswirkungen auf Fälle pro Jahr auf dem gesamten Kontinent, wobei die Aufschlüsselung die unterschiedlichen Beiträge der verschiedenen ökologischen und disruptiven Treiber der Auswirkungen des Klimawandels zeigt. Graue Balken kennzeichnen den Prognosebereich, der als 10. und 90. Perzentil des Modellensembles über alle GCMs und Störparameterbereiche berechnet wird. **b:** Kartografierte kumulative Auswirkungen auf Fälle mit einer Farbskala, die den Grad der Übereinstimmung des GCM-Ensembles widerspiegelt. Große Gewässer, Nationalparks mit extrem geringer oder keiner Bevölkerung und Länder außerhalb des Untersuchungsbereichs sind dunkelgrau maskiert. Alle kumulativen Auswirkungen beziehen sich auf die Fallzahlen für 2022, abgestimmt auf die nationalen Gesamtzahlen, die im Weltmalariabericht 2023 [50] angegeben sind. Die Verwaltungsgrenzen wurden aus dem Malaria Atlas Project (<https://data.malariaatlas.org>), under a CC BY 3.0 licence entnommen. Quelle:

<https://www.nature.com/articles/s41586-025-10015-z/figures/3>

„Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Klimawandel zwischen 2024 und 2050 zu 123 Millionen zusätzlichen Malariafällen und 532.000 zusätzlichen Todesfällen in Afrika führen könnte ...“

Was selten betont wird ist, dass diese Zahlen entscheidend von Annahmen abhängen, die fast alle nicht klimatischen Fortschritte außer Acht lassen. Die Malariabekämpfung, die Wohnqualität, die Gesundheitsinfrastruktur und die sozioökonomische Entwicklung werden auf dem aktuellen Niveau konstant gehalten – außer wenn sie durch Klimaereignisse beeinträchtigt werden.

„Wir halten das aktuelle Niveau der Verkehrs- und Gesundheitsinfrastruktur, der Wohnqualität und der Malariabekämpfung bewusst konstant ...“

Dies ist keine neutrale Annahme. Historisch gesehen ist die Malariabelastung vor allem aufgrund von Verbesserungen bei Medikamenten, Vektorkontrolle, Infrastruktur und wirtschaftlicher Entwicklung zurückgegangen. Indem diese Trends unterdrückt werden und sich gleichzeitig Störungen häufen, verzerrt das Modell die Ergebnisse strukturell in Richtung einer Verschlechterung.

Die Autoren räumen auch ein, dass ihre Prognosen keine Vorhersagen sind.

„Unsere Prognosen ermöglichen die Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels, sind jedoch nicht als Vorhersagen für zukünftige Bedingungen gedacht.“

Sie gehen sogar noch weiter und erklären ausdrücklich, dass die Unsicherheitsspannen nicht statistischer Natur sind.

„Die Prognosespannen sind keine formalen statistischen Intervalle, sondern liefern eher indikative Maße für die Unsicherheit als probabilistische Aussagen.“

Dies sind keine unbedeutenden Fußnoten. Sie stehen in direktem Widerspruch zu der Art und Weise, wie die Ergebnisse wahrscheinlich von politischen Entscheidungsträgern, Journalisten und Interessenverbänden interpretiert werden.

Hier wird die rhetorische Fingerfertigkeit deutlich.

Tief im Text wird Unsicherheit betont, Einschränkungen werden anerkannt und Prognosen werden als explorativ dargestellt. In der Zusammenfassung, den Abbildungen und Schlussfolgerungen werden dieselben explorativen Ergebnisse in quantifizierte Auswirkungen umgewandelt, denen eine unverkennbare Dringlichkeit anhaftet.

[Hervorhebung im Original]

Das Problem ist struktureller Natur. Wenn mehrschichtige Szenario-Modelle präzise Zahlen liefern, entwickeln diese Zahlen ein Eigenleben. Vorbehalte treten in den Hintergrund. Annahmen verhärten sich zu Fakten. Was als „Was wäre, wenn“ begann, wird stillschweigend zu „Das wird passieren“.

Die Studie belegt nicht, dass der Klimawandel zu Hunderten Millionen zusätzlichen Malariafällen führen wird. Sie zeigt vielmehr, wie leicht solche Zahlen zustande kommen können, wenn unsichere Klimaprognosen, sensible ökologische Modelle, heuristische Störparameter, festgelegte sozioökonomische Basiswerte und lange Zeithorizonte in einem einzigen Rahmen kombiniert werden.

Diese Studie sollte nicht als Vorhersage gelesen werden, sondern als Gedankenexperiment – eines, das sehr empfindlich auf seine Annahmen reagiert und seine Grenzen klar aufzeigt, wenn man es aufmerksam genug

liest. Das Problem ist nicht, was die Autoren im Kleingedruckten sagen. Das Problem ist, wie weit dieses Kleingedruckte von den Zahlen entfernt ist, die im Gedächtnis bleiben werden.

Letztendlich sagt uns diese Arbeit weniger über die Zukunft der Malaria als über den aktuellen Stand der klimabezogenen Modellierung. Sie zeigt, wie Unsicherheit vervielfacht, geglättet und in scheinbare Präzision übersetzt werden kann. Sie zeigt, wie Szenarien mit Prognosen verwechselt werden können. Und sie zeigt, wie Zahlen, sobald sie in einer Zeitschrift wie Nature veröffentlicht sind, als Beweise behandelt werden – selbst wenn die Autoren selbst sagen, dass sie es nicht sind.

Das ist der Trick, auf den man achten sollte.

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2026/02/04/turning-what-if-into-how-many-the-rhetorical-alchemy-of-climate-modeling/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE