



WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Der Bergbau rodet mehr als die Mine — der verborgene Waldverlust rund um die Rohstoffgewinnung

Eine Nature-Studie zu 16.627 Mine-Clustern im südlich der Sahara gelegenen Afrika stellt fest, dass der Bergbau in dichten Wäldern von 2001 bis 2020 etwa 187.000 Hektar direkte Entwaldung verursachte, doch die größere Geschichte spielt sich außerhalb des Standorts ab. Verglichen mit nicht bergbaulich genutzten Gebieten lag die Entwaldung innerhalb von 1 km einer Mine nach zehn Jahren um 8 Punkte höher auf einer Skala von 0 bis 100, und die Effekte hielten bis auf 20 km an. Im Durchschnitt war jeder direkt durch eine Mine gerodete Hektar mit 33,9 zusätzlichen Hektar Waldverlust außerhalb des Standorts innerhalb von fünf Jahren verbunden. Das bedeutet nicht, dass die Energiewende schlecht ist. Es bedeutet, dass mineralische Lieferketten eine Geografie haben und ihre Waldkosten oft größer sind als die Grube.

Written by Laura Nesso · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Mining triggers extensive additional deforestation in sub-Saharan Africa*, Oscar Morton, Christopher G. Bousfield, Prince Dégny Valé, Ieuan Lamb, Victor Maus, Robert G. Bryant, and David P. Edwards, *Nature* (2026) · DOI: [10.1038/s41586-026-10551-2](https://doi.org/10.1038/s41586-026-10551-2)

Der Fußabdruck ist nicht nur das Loch im Wald

Eine Mine hat eine offensichtliche Form. Eine Grube, ein Absetzbecken für Bergematerial, eine Abraumhalde, eine in den Wald geschlagene Straße. Das sind die Spuren, die ein Satellit sehen und um die eine Aufsichtsbehörde eine Grenze ziehen kann.

Doch die Rohstoffgewinnung verändert auch das Land um sie herum. Menschen kommen. Straßen machen den Wald leichter erreichbar. Siedlungen wachsen. Die Landwirtschaft dehnt sich aus. Eine Mine ist nicht nur eine Narbe auf der Karte; sie kann zu einem neuen Schwerkraftzentrum werden.

Eine in Nature erschienene Arbeit beziffert diesen Unterschied für das südlich der Sahara gelegene Afrika. Die Autoren schätzen die direkte, durch Bergbau verursachte Entwaldung in dichten Wäldern von 2001 bis 2020 und fragen dann, wie viel zusätzlicher Waldverlust rund um Minen auftritt, verglichen mit ähnlichen Orten, an denen noch kein Bergbau stattgefunden hatte. Ihre Schlussfolgerung ist einfach und unbequem: Der direkte Fußabdruck der Mine ist nur der sichtbare Teil.



Ein Landsat-Bild in natürlichen Farben zeigt großflächige und handwerkliche Goldabbau-Narben im Ashanti-Goldgürtel Ghanas. Die hier besprochene Studie fragt, wie weit sich der bergbaubedingte Waldverlust über den eigentlichen Minen-Fußabdruck hinaus erstreckt.

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

Das ist ein nützliches Ergebnis für die Klima- und Biodiversitätspolitik, weil es zwei Gedanken im selben Rahmen hält. Moderne Infrastruktur und die Energiewende brauchen Mineralien. Doch Mineralien kommen nicht aus dem Nichts. Die saubere Frage ist nicht, ob Bergbau in einem Slogan gut oder schlecht ist. Sie lautet, ob die vollen Waldkosten ehrlich gemessen werden.

Was die Autoren getan haben

Die Studie verbindet kontinentweite Wald- und Landnutzungsdaten mit einem kausalen Inferenzdesign. Die Autoren kartierten **16.627 Mine-Cluster** in bewaldeten Gebieten des südlich der Sahara gelegenen Afrikas zwischen 2001 und 2020. Sie unterschieden zwei Arten von Waldverlust.

Die erste ist die **direkte, durch Bergbau verursachte Entwaldung**: die Rodung innerhalb des Minen-Fußabdrucks selbst, einschließlich Gruben, Absetzbecken, Abraumhalden, Schächte und anderer direkt mit dem Bergbaubetrieb verbundener Merkmale.

Die zweite ist die **Entwaldung außerhalb des Standorts**: Waldverlust rund um die Mine, der nicht die Grube selbst ist, aber durch die Errichtung der Mine über begleitende Aktivitäten ausgelöst werden kann – Landwirtschaft, Siedlungen, Straßen und andere Zugänge.

Um den zweiten Teil zu schätzen, verwendeten die Autoren einen Differenz-von-Differenzen-Ansatz. Vereinfacht gesagt verglichen sie den Waldverlust rund um Minen vor und nach Beginn des Bergbaus mit dem Waldverlust rund um Orte, die ähnlich waren, aber noch nicht bergbaulich genutzt wurden. Anschließend betrachteten sie konzentrische Entfernungen vom Minenzentrum: innerhalb von 1 km, 1-5 km, 5-10 km und 10-20 km.

Dieses Design ist wichtig, weil die Arbeit nicht bloß den Waldverlust in der Nähe von Minen zählt. Sie versucht, den zusätzlichen Verlust zu schätzen, der der Errichtung der Mine zuzuschreiben ist, verglichen mit dem kontrafaktischen Trend in nicht bergbaulich genutzten Gebieten.

Was sie fanden

Der direkte Bergbauverlust war groß. In den dichten Wäldern des südlich der Sahara gelegenen Afrikas schätzen die Autoren **187.070 Hektar** direkte, durch Bergbau verursachte Entwaldung zwischen 2001 und 2020. Auf die Demokratische Republik Kongo, Ghana und die Elfenbeinküste zusammen entfielen **45 %** dieses direkten Verlusts.

Der umliegende Verlust war größer als der Fußabdruck. Nachdem eine Mine errichtet worden war, lag die kumulierte Entwaldung innerhalb von 1 km nach zehn Jahren um **8 Punkte höher auf einer Skala von 0 bis 100** als in nicht bergbaulich genutzten Gebieten. Das ist eine absolute Lücke in der Entwaldungsrate, kein relativer Anstieg von 8 %. Der Effekt schwächte sich mit der Entfernung ab, verschwand aber nicht: Nach zehn Jahren schätzt die Studie zusätzliche Lücken von 3,6 Punkten bei 1-5 km, 1,9 Punkten bei 5-10 km und 1,1 Punkten bei 10-20 km.

Diese Zahlen sind zeitspezifisch. Es sind Zehn-Jahres-Effekte, keine unmittelbaren Verluste.

Das Verhältnis von außerhalb des Standorts zu direkt war frappierend. In einer separaten Berechnung schätzen die Autoren, dass für jeden Hektar, der direkt durch den Minen-Fußabdruck gerodet wurde, zusätzliche **33,9 Hektar** dichter Wald innerhalb von fünf Jahren außerhalb des Standorts verloren gingen. Der Großteil dieses zusätzlichen Verlusts außerhalb des Standorts stand im Zusammenhang mit der durch die Errichtung der Mine ausgelösten Ausweitung der Landwirtschaft, wobei

auch die Ausweitung von Siedlungen bedeutend war und Straßen in ihrer Aufschlüsselung einen kleineren Anteil ausmachten.

Auch diese Zahl ist zeitspezifisch: Es ist ein Fünf-Jahres-Verhältnis von außerhalb des Standorts zu direkt. Es sollte nicht mit den Zehn-Jahres-Effekten auf der Skala von 0 bis 100 vermischt werden.

Der Effekt war nicht überall gleich. Die Studie meldet für die Demokratische Republik Kongo schwere Bedenken, weil sie einen großen direkten Bergbau-Fußabdruck mit einem großen zusätzlichen Verlust außerhalb des Standorts kombinierte. Andere Länder zeigten hohe relative Auswirkungen außerhalb des Standorts, aber mit kleineren direkten Fußabdrücken. Auf Rohstoffebene verursachten Minen, die Kobalt und Kupfer abbauen — Mineralien, die für Batterien, elektrische Infrastruktur und die Energiewende zentral sind —, in den Schätzungen der Studie die höchste zusätzliche Gesamtentwaldung.

Warum der Teil außerhalb des Standorts wichtig ist

Umweltprüfungen beginnen oft mit der direkten Projektgrenze. Das ist verständlich. Die Grube ist sichtbar, die Genehmigung hat einen Umkreis, und ein Unternehmen kann die Infrastruktur beschreiben, die es zu bauen plant.

Doch Wälder reagieren nicht nur auf rechtliche Grenzen. Sie reagieren auf Zugang und Anreize. Eine Mine kann Straßen, Arbeitskräfte, Geld, Siedlungen und Nachfrage nach Nahrungsmitteln bringen. Das kann nahe gelegenen Wald in Land verwandeln, das leichter, gewinnbringender oder notwendiger zu roden ist.

Deshalb ist die stärkste Idee der Arbeit nicht eine einzelne Zahl. Es ist die Unterscheidung zwischen **direktem** und **ausgelöstem** Verlust.

Wenn eine Lieferkette nur den Minen-Fußabdruck zählt, unterschätzt sie möglicherweise die durch die Rohstoffgewinnung verursachte Landnutzungsänderung. Wenn eine Umweltverträglichkeitsprüfung an der Pachtgrenze endet, übersieht sie möglicherweise den Waldverlust, den das Projekt wahrscheinlich mit herbeiführt. Und wenn ein Produkt als sauber vermarktet wird, weil es erneuerbare Energie unterstützt, macht das seine Materialkette nicht automatisch sauber.

Was dies *nicht* beweist

- Es zeigt **nicht**, dass die Energiewende schlecht ist. Es zeigt, dass Mineralien, die in moderner Infrastruktur verwendet werden, einschließlich der Mineralien für die Energiewende, große Landnutzungskosten tragen können.
- Es bedeutet **nicht**, dass jede Mine genau 33,9 Hektar Verlust außerhalb des Standorts pro direktem Hektar verursacht. Das ist ein Durchschnittswert über eine große Zahl von Mine-Clustern, keine Vorhersage für ein bestimmtes Projekt.
- Es beweist **nicht**, dass jeder in der Nähe einer Mine verlorene Baum wegen dieser Mine gefällt

wurde. Die Studie verwendet ein quasi-experimentelles Design, um den zusätzlichen Verlust auf Populationsebene zu schätzen.

- Es weist **keine** Verantwortung einzelnen Unternehmen, Genehmigungen oder Käufern zu. Das würde eine Rückverfolgung auf Projektebene erfordern, die über diesen Artikel hinausgeht.
- Es deckt **nicht** alle Auswirkungen des Bergbaus ab. Wasserverschmutzung, Arbeitsbedingungen, Biodiversitätsfragmentierung, Rechtskonflikte und soziale Verdrängung liegen außerhalb der hier vorgenommenen Hauptmessung des Waldverlusts.
- Es deckt **nicht** die ganze Welt ab. Die Analyse konzentriert sich auf dichte Wälder im südlich der Sahara gelegenen Afrika.

Wie belastbar sind die Belege?

Für die Schätzung der direkten Entwaldung ist die Evidenz auf kontinentaler Ebene stark. Die Studie verwendet veröffentlichte Landnutzungs- und Waldbedeckungsdatensätze, um Waldverlust zu identifizieren, der direkt mit Bergbaumerkmalen verbunden ist.

Für den zusätzlichen Verlust außerhalb des Standorts ist die Evidenz ebenfalls substanziell, aber modellbasiert. Der Differenz-von-Differenzen-Ansatz ist darauf ausgelegt, kausale Effekte aus Beobachtungsdaten zu schätzen, besonders wenn randomisierte Experimente unmöglich sind. Die Autoren verwenden neuere heterogenitätsrobuste Methoden und prüfen die Robustheit mit alternativen Schätzverfahren. Das ist gute Praxis.

Dennoch sollte das Ergebnis auf der richtigen Ebene gelesen werden. Die Arbeit ist starke Evidenz dafür, dass die Errichtung von Minen im untersuchten System mit zusätzlicher Entwaldung über den Minen-Fußabdruck hinaus verbunden ist. Sie ist kein satellitengestütztes Geständnis jedes einzelnen Baums.

Die nützlichste öffentliche Lesart ist daher weder Panik noch Abwiegelung. Es ist Messdisziplin: Wenn der Bergbau eine Landschaft öffnet, sollte die Umweltprüfung über den Zaun hinausblicken.

Warum es wichtig ist

Der Begriff “saubere Energie” kann eine materielle Welt verbergen. Solarmodule, Batterien, Übertragungsleitungen, Elektrofahrzeuge und Rechenzentren benötigen allesamt abgebaute Materialien. Einige dieser Materialien stammen aus Orten mit weltweit bedeutsamen Wäldern und einer weltweit bedeutsamen Biodiversität.

Das macht die Dekarbonisierung nicht zu einem Fehler. Die Alternative — die fortgesetzte Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen — hat ihre eigenen enormen Kosten für Land, Luft, Wasser und Klima. Aber es bedeutet, dass eine Wende sauberer sein kann als das fossile System und dennoch nicht standardmäßig sauber ist.

Der Wert dieser Arbeit besteht darin, dass sie die verborgene Geografie schwerer zu ignorieren

macht. Sie sagt: Zählt nicht nur die Grube. Zählt die Waldveränderungen rund um die Grube. Zählt die Straßen, Höfe und Siedlungen, die der Rohstoffgewinnung folgen. Baut die Entwaldung außerhalb des Standorts in Umweltverträglichkeitsprüfungen, No-Net-Loss-Zusagen und entwaldungsfreie Lieferketten ein.

Das ist eine erwachsenere Geschichte als “grüne Mineralien sind gut” oder “grüne Mineralien sind schlecht”. Sie lautet: Die materielle Grundlage der Wende hat Folgen, und diese Folgen müssen sichtbar sein, bevor sich die Lieferkette selbst als sauber bezeichnet.

Kurz zusammengefasst

Eine Nature-Studie analysierte 16.627 Mine-Cluster in dichten Wäldern des südlich der Sahara gelegenen Afrikas von 2001 bis 2020. Sie schätzt **187.070 Hektar** direkte, durch Bergbau verursachte Entwaldung durch Minenmerkmale wie Gruben, Absetzbecken und Abraumhalden. Mithilfe eines Differenz-von-Differenzen-Ansatzes schätzen die Autoren auch die zusätzliche Entwaldung rund um Minen im Vergleich zu nicht bergbaulich genutzten Gebieten: Nach zehn Jahren lag die kumulierte Entwaldung innerhalb von 1 km um **8 Punkte höher auf einer Skala von 0 bis 100** und blieb bis auf 20 km erhöht. In einer separaten Fünf-Jahres-Berechnung war jeder Hektar direkter Bergbau-Entwaldung mit durchschnittlich **33,9 Hektar** zusätzlichem Verlust dichten Waldes außerhalb des Standorts verbunden, überwiegend durch die Ausweitung der Landwirtschaft und Siedlungen. Minen, die Kobalt und Kupfer abbauen, trugen in der Studie zur höchsten zusätzlichen Gesamtentwaldung bei. Das Ergebnis zeigt nicht, dass die Energiewende schlecht ist. Es zeigt, dass mineralische Lieferketten Landnutzungskosten haben, die über den Minen-Fußabdruck hinausgehen.

Nüchtern geprüft

Was die Arbeit zeigt: Der Bergbau in dichten Wäldern des südlich der Sahara gelegenen Afrikas verursachte von 2001 bis 2020 einen substanziellen direkten Waldverlust; auf die Errichtung von Minen folgte eine zusätzliche Entwaldung rund um Minen im Vergleich zu nicht bergbaulich genutzten Gebieten; der Verlust außerhalb des Standorts kann den direkten Minen-Fußabdruck bei Weitem übersteigen; und einige Mineralien für die Energiewende sind in diesem Datensatz mit einer hohen zusätzlichen Gesamtentwaldung verbunden.

Was plausibel, aber nicht bewiesen ist: Dass viele einzelne Minen größere Auswirkungen außerhalb des Standorts haben, als ihre Genehmigungs-Fußabdrücke vermuten lassen; dass strengere Umweltverträglichkeitsprüfungen und Lieferkettenregeln einen Teil dieses Verlusts verringern könnten; dass ähnliche verborgene Effekte außerhalb des Standorts in anderen tropischen Bergbauregionen von Bedeutung sein könnten.

Was sie nicht zeigt: Dass jeder Bergbau gleichermaßen schädlich ist; dass jedes Waldverlust-Ereignis in der Nähe durch eine bestimmte Mine verursacht wird; dass die Energiewende schlecht ist; dass einzelne Unternehmen oder Käufer ohne eine Rückverfolgung auf Projektebene für bestimmte Ver-

luste verantwortlich sind; oder dass Waldverlust die einzige Umwelt- oder Sozialkost ist, die zählt.

Wesentliche Einschränkungen: Beobachtungsgestützte Kausalinferenz statt randomisierter Evidenz; kontinentweite Schätzungen statt Zuordnung auf Projektebene; Fokus auf dichte Wälder im südlich der Sahara gelegenen Afrika; direkte Effekte und Effekte außerhalb des Standorts hängen von der Datenqualität, der Minenerkennung und den Modellannahmen ab.

Wie viel Vertrauen sollte ein allgemeiner Leser haben? Hoch, dass die direkte Bergbau-Entwaldung in der Untersuchungsregion substanziell ist. Gut, dass die Errichtung von Minen auf Populationsebene mit zusätzlicher Entwaldung außerhalb des Standorts verbunden ist. Geringer für die Anwendung des durchschnittlichen Verhältnisses von 33,9:1 auf eine einzelne Mine. Angemessene Haltung: Mineralische Lieferketten können notwendig sein und benötigen dennoch eine ehrliche Bilanzierung über die Grube hinaus.

Quellen

Nature (2026)

<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10551-2>

White Rose Research Online — published version

<https://eprints.whiterose.ac.uk/id/eprint/241799/>

Processed outputs and analysis code — GitHub

https://github.com/OMorton/AFR_MiningForestLoss

Post-deforestation land-use dataset — Zenodo

<https://doi.org/10.5281/zenodo.11065705>