



Jahrbuch 2024

Herausgegeben vom
Vorstand der Marburger Geographischen Gesellschaft e. V.
in Verbindung mit dem Dekanat des Fachbereichs Geographie
der Philipps-Universität Marburg

Sonderdruck

Der Inhalt dieses Sonderdrucks oder Teile davon dürfen nicht ohne die schriftliche Genehmigung der Herausgeber vervielfältigt, in Datenbanken gespeichert oder in irgendeiner Form übertragen werden. Sie dürfen ausschließlich zum persönlichen Gebrauch ausgedruckt oder gespeichert werden.

Marburg/Lahn 2025

HARNISCHMACHER, STEFAN

Das Relief unter dem Einfluss des Menschen – Geomorphologie im Zeitalter des Anthropozäns

Der Mensch hat sich in den vergangenen 50 Jahren zur bedeutendsten geomorphologischen Kraft entwickelt und um ein Vielfaches mehr Material in Form von Boden, Locker- oder Festgestein bewegt als alle Flüsse der Erde zusammen in die Ozeane verfrachtet haben. Aus diesem Grund erfährt die Forschungsdisziplin Anthropogeomorphologie einen zunehmend größeren Stellenwert und ist immer öfter Gegenstand aktueller Veröffentlichungen. Der folgende Beitrag dient einer Übersicht zur Anthropogeomorphologie mit einer Zusammenstellung menschengemachter Reliefformen und einer Abschätzung zur Bedeutung des Menschen als reliefprägender Faktor. Dabei soll auch die Rolle der Anthropogeomorphologie im Kontext des sog. Anthropozäns, dem Zeitalter des Menschen, diskutiert werden.

Anthropogene Reliefformen und ihre Gliederung

Die Disziplin der Anthropogeomorphologie beschäftigt sich mit der Rolle des Menschen bei der Formung des Reliefs und seines Einflusses auf geomorphologische Prozesse wie der Verwitterung, der Erosion, des Transports und der Ablagerung von Sedimenten. Der Eingriff des Menschen erfolgt dabei auf unterschiedliche Weise und wirft die Frage nach einer Gliederung der vielfältigen Reliefformen auf. Der wohl häufigste in der Literatur genannte Ansatz besteht darin, zwischen Reliefformen als Folge des direkten und indirekten Eingriffs in die Reliefsphäre zu unterscheiden (GOUDIE & VILES 2016).

Das durch direkte Eingriffe (Tab. 1) entstandene Relief ist aufgrund seiner häufig vom natürlichen Relief stark abweichenden Form zumeist leicht zu identifizieren und zeichnet sich nicht selten durch auffällige Stufen oder Kanten im Gelände aus. Hierzu gehören z. B. Halden, Deiche, Küstenschutzwälle (Abb. 1) oder Dämme als technische Bauwerke, Tagebaue, Kiesgruben oder Steinbrüche (Abb. 2) zur Gewinnung von Rohstoffen, Talsperren oder Kanäle (Abb. 3) als Wasserbauwerke sowie Terrassen zur ackerbaulichen Nutzung oder Panzergräben als Verteidigungsanlagen (Abb. 4).

Wesentlich schwieriger zu erkennen sind Formen, die als Folge indirekter Eingriffe des Menschen in die Reliefsphäre entstehen und mit einer Beeinflussung geomorphologischer Prozesse verbunden sind. So kann z. B. eine Veränderung der natürlichen Vegetationsbedeckung durch Entwaldung und land- oder forstwirtschaftliche Nutzung zur Bodenerosion führen, die Sedimentation in Auen fördern und das Auenrelief verändern. Da die Reliefform auf der Grundlage natürlicher, jedoch vom Menschen beeinflusster Prozesse entsteht (sog. quasi-natürliche Prozesse), ist sie häufig von natürlichen Formen kaum zu unterscheiden. Beispielsweise mag ein Schwemmfächer als Ergebnis verstärkter Bodenerosion am Fuße einer Ackerfläche das gleiche Aussehen besitzen wie ein solcher im Mündungsbereich eines kleinen Baches.

Anlass	geomorphologische Auswirkungen	
	direkt	indirekt
Bergbau	Gruben	Bergsenkungen
	Halden	Tagesbrüche
	Steinbrüche	Küstenerosion (als Folge des Sedimentdefizits nach Materialentnahme in Flüssen und an Küsten)
	Tagebaue	
Entsorgung	Deponien	
Forstwirtschaft	Wegeeinschnitte	Bodenerosion (auf Rückegassen und unbefestigten Waldwegen)
Krieg	Bombentrichter	
	Gräben	
	Trümmerberge	
	Wälle	
Küstenschutz	Buhnen	Sedimentation (an Buhnen und Lahnungen)
	Deckwerke	
	Lahnungen	
	Schutzwälle	
	Strandaufspülung	
Landwirtschaft	Ackerberge	Bodenerosion auf Ackerflächen
	Be- und Entwässerungsgräben	Sedimentation (am Unterhang und im Talgrund als Kolluvium, auf den Auen als Auenlehme)
	begradigte Fließgewässer	
	Eschkanten (Plaggenwirtschaft)	
	Lesesteinwälle	
	Polder	
	Terrassen	
	Wölbäcker	
Schifffahrt	begradigte Fließgewässer	Tiefenerosion (nach Begradigung oder Bau von Buhnen)
	Buhnen	
	Deiche	
	Kanäle	
	Schleusen	
	Uferbefestigungen	
Verkehr	Dämme	Bodenerosion (nach Bündelung des Oberflächenabflusses auf Fahrspuren) und Bildung von Hohlwegen
	Straßeneinschnitte	gravitative Massenbewegungen (nach Hangverteilung)
Versorgung (Energie, Wasser)	Kanäle	Geländeabsenkung (Subsidenz) (nach Grundwasserentnahme)
	Stauseen	Tiefenerosion in Fließgewässern (Sedimentrückhalt in Stauseen) und Küstenerosion (als Folge des Sedimentdefizits)
Wohnen	Bodenaushub (Tiefbau)	
	künstliche Inseln	
	Polder	
	Siedlungs- und Wohnhügel	

Tab. 1: Anlässe anthropogener Eingriffe in das Relief und eine Auswahl ihrer geomorphologischen Auswirkungen



Abb. 1:
Steinbuhnen und Deckwerk
an der Westspitze
von Baltrum (Fotos 1–4:
© S. Harnischmacher)



Abb. 2:
Steinbruch am Pies-
berg bei Osnabrück



Abb. 3:
Bewässerungskanal im
Imperial Valley (Kalifor-
nien, USA)



Abb. 4:
Panzergraben im Kreis
Viersen

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass geplante direkte Eingriffe des Menschen in die Reliefsphäre unvorhergesehene Ereignisse an anderer Stelle verursachen können. Beispielsweise führt die Entnahme von Sand und Kies oder der Bau von Stauhaltungen in einem Flusseinzugsgebiet zu einer Unterversorgung der Küsten mit Sediment und zur Küstenerosion (BROWN et al. 2017). Sand und Kies machen einen Großteil der insgesamt abgebauten Rohstoffe aus und werden u. a. in der Bauindustrie als Zuschlagstoffe für die Herstellung von Beton oder zur künstlichen Landgewinnung verwendet. Vor allem aufgrund des Wirtschaftswachstums in Asien und des Baubooms in China hat der Abbau in Flusstälern und an Küsten zu einer Beschleunigung der Küstenerosion beigetragen (PEDUZZI 2014).

Schließlich ermöglichen direkte Eingriffe des Menschen unvorhergesehene Nachnutzungen, etwa nach Beendigung des Bergbaus, die ganz neue Potentiale erschließen und ihrerseits zu Veränderungen des Reliefs beitragen. Beispielhaft genannt sei die touristische Nutzung von Tagebaurestseen in den deutschen Braunkohlerevierern.

Das Ausmaß der anthropogenen Überprägung

Nach Angaben des amerikanischen Geologen R. L. HOOKE (2000) bewegt die Menschheit 120 Mrd. Tonnen pro Jahr an Boden- und Gesteinsmassen durch den direkten und indirekten Eingriff in die Reliefsphäre. Unter Berücksichtigung der Weltbevölkerung im Jahr 2000 trägt damit jeder Mensch der Erde zu einer Verlagerung von 21 Tonnen Boden und Gestein pro Jahr bei. Davon entfallen 6 Tonnen auf Material als Folge direkter und 15 Tonnen als Folge indirekter Eingriffe (z. B. durch die landwirtschaftliche Nutzung).

DOUGLAS & LAWSON (2001) beziffern die weltweit vom Menschen nur als Folge der Rohstoffgewinnung bewegten Erdmassen gar mit 57 Mrd. Tonnen pro Jahr und stellen

fest, dass damit die weltweit von den Flüssen in die Weltmeere transportierten Sedimentfrachten (22 Mrd. Tonnen) um nahezu das Dreifache übertroffen werden. Nach Modellrechnungen von SYVITSKI & KETTNER (2011) macht die Sedimentfracht der Flüsse lediglich 12,8 Mrd. Tonnen pro Jahr aus. Ohne den Einfluss des Menschen jedoch, d. h. auch ohne Berücksichtigung der Bodenerosion, wäre der Wert um 2,3 Mrd. Tonnen größer. Dies begründen die Autoren mit dem Sedimentrückhalt hinter den weltweit mehr als 48.000 Staudämmen mit Mindesthöhen von 15 m.

Noch drastischer erscheinen die jüngsten Angaben aus einer Veröffentlichung von COOPER et al. (2018). Wird der Abbau von Kohle und mineralischer Rohstoffe sowie die Metallproduktion zusammen mit dem dabei entstehenden Abraum, der Abbau von Sand und Kies, die Zementproduktion, der Bodenaushub für den Tiefbau sowie die Materialentnahme aus Flüssen, Seen und vom Meeresboden betrachtet, so kommen die Autoren auf einen Betrag von 316 Mrd. Tonnen für das Jahr 2015! Den größten Anteil nimmt dabei der Bodenaushub ein, gefolgt von der Kohleförderung und dem Abbau von Sand und Kies sowie der Zementproduktion (Abb. 5). Allein im Jahr 2012 wurden ca. 30 Mrd. Tonnen Sand und Kies zur Herstellung von Beton verbraucht (PEDUZZI 2014). Damit ließe sich eine 27 m hohe und ebenso breite Mauer bauen, die den gesamten Äquator umspannen würde!

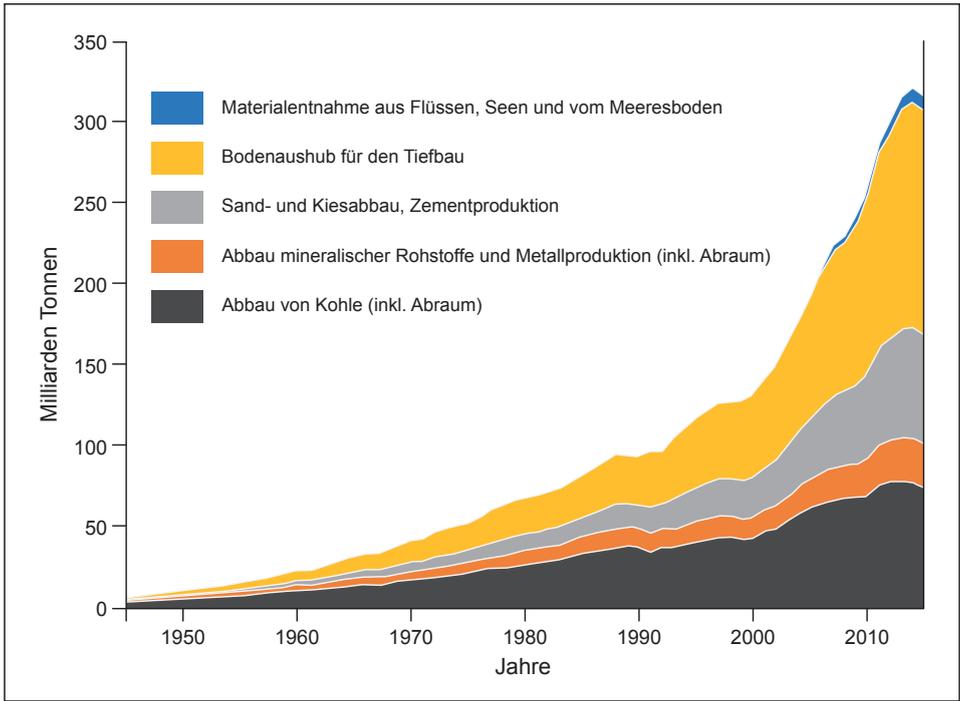


Abb. 5: Vom Menschen bewegtes Material als Folge direkter Eingriffe zwischen 1945 und 2015 (nach COOPER et al. 2018, S. 228)

WILKINSON & MCELROY (2007) konnten auf der Grundlage einer Auswertung von Sedimentgesteinen vom Kambrium bis zum Quartär eine ausschließlich auf natürliche Prozesse zurückzuführende Erosion von 5 Mrd. Tonnen Gesteinsmaterial pro Jahr berechnen. Die anthropogen bedingte Bodenerosionsrate beträgt nach Angabe der Autoren 75 Mrd. Tonnen pro Jahr und übertrifft die natürliche damit um das Fünfzehnfache!

Auch eine flächenhafte Betrachtung anthropogener Eingriffe bringt zum Ausdruck, welche große Bedeutung dem Menschen bei der Überprägung der Erdoberfläche zufällt. Nach HOOKE et al. (2012) wurden im Jahr 2007 ca. 46,6% der eisfreien Erdoberfläche durch Landwirtschaft und Forstwirtschaft genutzt und weitere 6,9% als Folge des Baus jeglicher Art von Infrastruktur verändert. Insgesamt standen damit ca. 70 Mio. km², d. h. mehr als 50% der gesamten eisfreien Landoberfläche unter dem direkten Einfluss des Menschen.

Anthropogeomorphologie im Anthropozän

Seit Einführung des Begriffs „Anthropozän“ durch Paul CRUTZEN (2002) ist in der Fachwelt eine lebhafte Debatte darüber entbrannt, ob es angesichts der globalen Umweltveränderungen und der Rolle des Menschen gerechtfertigt erscheint, ein neues Erdzeitalter zu definieren, das dem Holozän folgt. Aus geowissenschaftlicher Sicht wird die Existenz globaler Merkmale des oberflächennahen Untergrunds diskutiert, die den Beginn des Anthropozäns anzeigen. Dabei fällt der Anthropogeomorpholo-



Abb. 6: Mutmaßliche Erosionsschlucht als Folge der Magdalenenflut 1342 am Herchenberg bei Niederwalgern (Foto: © S. Harnischmacher)

gie eine bislang kaum beachtete Rolle zu, denn zahlreiche anthropogene Reliefformen und ihre entsprechenden Sedimente könnten der Schlüssel für die Identifizierung schichtgebundener Zeugen des Anthropozäns sein. Doch wann setzte die Beeinflussung des Reliefs durch den Menschen ein und hinterließ Spuren, die noch heute im Untergrund erkennbar sind und das Zeitalter des Anthropozäns widerspiegeln?

Spätestens mit der Sesshaftwerdung des Menschen im frühen Neolithikum und der Einführung des Ackerbaus (ca. 3800 v. Chr.) setzte in Mitteleuropa eine Bodenerosion ein, die sich heute in den entsprechenden Sedimenten zeigt. Weitere Phasen verstärkter Bodenerosion vorindustrieller Zeit waren in Mitteleuropa die späte Bronzezeit und die vorrömische Eisenzeit (ca. 1600 v. Chr. bis Chr. Geb.) sowie das Hoch- und Spätmittelalter (ca. 1000 bis 1500 n. Chr.) (DREIBRODT et al. 2010). Dabei haben außergewöhnliche Witterungsereignisse zu einer Verstärkung der Bodenerosion beigetragen und Schäden unvorstellbaren Ausmaßes verursacht, wie es das Beispiel der Magdalenenflut im Jahr 1342 zeigt (Abb. 6) (vgl. BORK 2006).

GOUDIE & VILES (2016) ordnen diese frühen Befunde anthropogener Reliefüberprägung einer Phase namens „Paläoanthropozän“ zu (7000 Jahre v. h. bis ca. 1750), die über die beschriebenen Beispiele hinausgehend von einer Vielzahl weiterer direkter sowie indirekter Eingriffe und Reliefveränderungen gekennzeichnet gewesen sei. Beispielhaft genannt seien (1) die Verhüttung von Metallerzen seit der Bronzezeit und eine damit verbundene Entwaldung und verstärkte Bodenerosion, (2) das flächenhafte Abstechen des Oberbodens, seine Anreicherung mit Stallmist und das anschließende Wiederaufbringen auf Ackerflächen im niederländisch-westfälisch-niedersächsischen Raum zwischen dem 8. und 12. Jahrhundert oder (3) die Errichtung von Hügelgräbern seit der Jungsteinzeit. Die Entwicklung neuer Methoden der Fernerkundung ermöglicht eine flächenhafte Erfassung solcher archäologischer Bodendenkmäler und leistet einen wichtigen Beitrag zum Verständnis anthropogener Reliefüberprägungen in vorindustrieller Zeit. Die Grenzen zwischen anthropogeomorphologischer und archäologischer Forschung sind in diesem Zusammenhang fließend.

In der Geschichte des Anthropozäns schließt sich dem Paläoanthropozän die Phase des Industriezeitalters an (ca. 1750 bis ca. 1945). Ihr folgt die sog. „Große Beschleunigung“ (ca. 1945 bis ca. 2000), in der nahezu jeder Indikator menschlichen Wirkens auf dem Planeten Erde ein exponentielles Wachstum aufweist und somit der Mensch zur bedeutendsten geomorphologischen Kraft geworden ist. Die Suche nach einem entsprechenden Referenzprofil, an dem im Untergrund der Beginn dieser Phase erkannt werden kann, führte zuletzt zu einem See im südlichen Kanada, dem Crawford-See in der Provinz Ontario. Hier wurden Sedimente untersucht, die auf das Jahr genau datierbar sind und für die 1950er Jahre eine erhöhte Konzentration von Plutonium-Isotopen aufweisen, zurückzuführen auf Atomwaffentests während des Kalten Krieges. Die Sedimente seien ein ausgezeichneter Marker zur Kennzeichnung des Beginns der „Großen Beschleunigung“, so die Argumentation der *Anthropocene Working Group* (AWG) zur Erforschung des Anthropozäns. Es folgte ein entsprechender Antrag bei

der International Union of Geological Sciences (IUGS), dem höchsten Wissenschaftsgremium seiner Disziplin, das Schichtenprofil als Referenzpunkt (sog. „Global Stratotype Section and Point (GSSP)“ – umgangssprachlich auch „Golden Spike“ oder „Goldener Nagel“) zur Ausweisung des Anthropozäns zu erklären. Dieser Vorschlag wurde jedoch im Jahr 2024 von der IUGS mit der Begründung abgelehnt, die menschengemachten Veränderungen hätten noch nicht die Dimension einer Erdepoeche erreicht und seien zudem deutlich älter. Die Erforschung des Paläoanthropozäns, nicht zuletzt aus geomorphologischer und bodenkundlicher Perspektive, erscheint somit bedeutender als je zuvor zu sein!

Literatur

- BORK, H.-R. (2006): Landschaften der Erde unter dem Einfluss des Menschen. Darmstadt.
- BROWN, A. G. [et al. + 11] & R. AALTO (2017): The geomorphology of the Anthropocene: emergence, status, and implications. *Earth Surface Processes and Landforms* 42: 71–90.
- COOPER, A. H. [et al. + 3] & C. N. WATER (2018): Humans are the most significant global geomorphological driving force of the 21st century. *The Anthropocene Review* 5: 222–229.
- CRUTZEN, P. J. (2002): Geology of mankind. *Nature* 415: 23.
- DOUGLAS, I. & N. LAWSON (2001): The Human Dimensions of Geomorphological Work in Britain. *Journal of Industrial Ecology* 4: 9–33.
- DREIBRODT, S. [et al. + 3] & H.-R. BORK (2010): Historical soil erosion by water in Germany – Scales and archives, chronology, research perspectives. *Quaternary Journal* 222: 80–95.
- GOUDIE, A. & H. A. VILES (2016): Geomorphology in the Anthropocene. Cambridge.
- HOOKE, R. L. (2000): On the History of Humans as Geomorphic Agents. *Geology* 28: 843–846.
- HOOKE, R. L., MARTÍN-DUQUE, J. F. & J. PEDRAZA (2012): Land transformation by humans – A review. *GSA Today* 22: 4–10.
- PEDUZZI, P. (2014): Sand, rarer than one thinks. *Environmental Development* 11: 208–218.
- SYVITSKI, J. P. M. & A. KETTNER (2011): Sediment flux and the Anthropocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 369: 957–975.
- WILKINSON, B. H. & B. J. McELROY (2007): The impact of humans on continental erosion and sedimentation. *Bulletin of the Geological Society of America* 119: 140–156.

Autor

apl. Prof. Dr. Stefan Harnischmacher
Fachbereich Geographie
Philipps-Universität Marburg
Deutschhausstraße 10
35032 Marburg
E-Mail: stefan.harnischmacher@geo.uni-marburg.de