

Earth System Knowledge Platform - die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, www.eskp.de

Klimawandel · Wasserhaushalt

GLETSCHERSCHMELZE IN DEN ASIATISCHEN HOCHGEBIRGEN

Oliver Jorzik ¹

¹ Earth System Knowledge Platform | ESKP

Zuerst publiziert: 29. April 2019, 6. Jahrgang

Digitaler Objektbezeichner (DOI): <https://doi.org/10.48440/eskp.064>

Teaser

Die Gletscher in Hindukusch, Himalaya oder Karakorum sind bedeutende Eisspeicher. Sie versorgen einige der wichtigsten Flussregionen der Welt wie den Ganges, Indus, Brahmaputra, Mekong oder auch den Irrawaddy mit Wasser. Neue Forschungsergebnisse zeigen, wie sehr die Gletscher in den asiatischen Hochgebirgen gefährdet sind.

Keywords

Gletscherschmelze, Himalaya, asiatische Hochgebirge, Ganges, Indus, Brahmaputra, Mekong, Irrawaddy, Afghanistan, Bangladesch, Bhutan, China, Indien, Myanmar, Nepal, Pakistan, Gebirgsregion, Trinkwasserversorgung, Wasserreserven, ICIMOD, Studie, Forschung, Bedrohungslage, Klimaindikatoren, Schmelzwasser

Der Himalaya mit seinen angrenzenden Gebirgsregionen wie dem Karakorum, Hindukusch oder Pamir beheimatet nicht nur die höchsten Berge auf der Erde. Wegen der dortigen Eismassen wird die asiatische Hochgebirgsregion auch häufig als der „Dritte Pol der Welt“ umschrieben. Die Schätzungen, wie viele Gletscher es in den asiatischen Hochgebirgen gibt, gehen weit auseinander. Die Zahlen reichen von mehr als 28.000 bis hin zu 90.000 Gletschern (Linsbauer et al., 2016; Pritchard, 2017).

Das Gebiet erstreckt sich über acht Staaten in einer Länge von 3.500 Kilometern: Afghanistan, Bangladesch, Bhutan, China, Indien, Myanmar, Nepal und Pakistan. In der Gebirgsregion selbst leben aktuell 250 Millionen Menschen. Weitere 1,65 Milliarden wohnen und arbeiten entlang der Flussläufe, die ihren Ursprung in den asiatischen Gebirgszügen haben.

Der dauerhafte Verlust von Gletschermasse hätte nicht nur Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung dieser Menschen, sondern auch auf Landwirtschaft, Industrie, Wasser- und die Energieversorgung der gesamten Region. Doch wie schnell schreitet die Gletscherschrumpfung voran? Welche Folgen hätte ein möglicher Verlust von Wasserreserven auch unter klimatischen Aspekten? Die Beantwortung dieser Fragen ist angesichts der Größe des Gebiets, der zum Teil kleinräumigen Struktur vieler Gletscher und deren Lage in Höhen von über 5.000 Metern eine echte Herkulesaufgabe für Forscherinnen und Forscher.

Volumen- und Masseverlust bei Himalaya-Gletschern

Wichtige Erkenntnisse zur künftigen Entwicklung der Gletscher liefert eine neue Studie, die ein internationales Team unter Beteiligung von Forschenden der ETH Zürich, der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) sowie der FAU Erlangen-Nürnberg angefertigt hat (Rüegg, 2019). Die Forschenden haben verschiedene Modelle zur Eisdickenverteilung und das Volumen von 215.000 Gletschern weltweit neu berechnet. Dabei kombinierten sie Umrissdaten von Gletschern, digitale Höhenmodelle und Informationen zum Fließverhalten der Gletscher.

Für die asiatischen Hochgebirge stellten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fest, dass das ermittelte Eisvolumen im Himalaya und auf der tibetanischen Hochebene um ein Viertel niedriger ist als in den bisherigen Schätzungen angegeben. Sie schließen daraus, dass die dortigen Gletscher ihr Eisvolumen schneller verlieren könnten als bisher angenommen wurde. Bis 2090 könnten - je nach angewandtem Modell - die Abflussmengen der Gletscher um bis zu 24 Prozent niedriger als im Vergleich zu heute ausfallen.

Bestätigt werden diese Ergebnisse durch eine weitere wissenschaftliche Arbeit des *International Centre for Integrated Mountain Development* ([ICIMOD](#)), die nahezu zeitgleich erschienen ist. Die Studie stellt fest: Wenn es durch internationale Anstrengungen gelänge, das angestrebte 1,5-Grad-Ziel durch eine Reduktion von Emissionen zu erreichen, würden bis zum Ende des Jahrhunderts ein Drittel aller Himalaya-Gletscher abschmelzen.

Realistisch bewegt sich die Menschheit jedoch auf eine größere Temperaturerhöhung gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter zu. Träfe dies ein, könnte sogar ein Verlust von bis zu zwei Dritteln der Gletscher möglich sein. Bereits vor zwei Jahren kam eine Studie, die an der Universität Utrecht erschienen ist, zu vergleichbaren Ergebnissen (Kraaijenbrink et al., 2019).

Einer der Hauptautoren der ICIMOD-Studie, Dr. Philippus Wester, weist darauf hin, dass die Region rund um Hindukusch und Himalaya zu den empfindlichsten und am meisten gefährdeten Bergregionen der Welt zählt. Dort befinden sich vier der wichtigsten Biodiversitäts-Hotspots weltweit. Jede Änderung der Temperatur und der

Wasserversorgung durch Flüsse oder Niederschläge könnte Auswirkungen auf die dortige Fauna und Flora haben. Mit den Ökosystemen sind auch eine Vielzahl an Ökosystemdienstleistungen der unterschiedlichsten Art verbunden, die jede andere Bergregion der Welt übertreffen. Dazu zählen zum Beispiel die Versorgung der vielen Menschen in der Region mit Wasser, Nahrung oder Energie. Die Autoren der Studie fordern daher, dass man die gefährdeten Bergregionen im Himalaya und am Hindukusch viel stärker als Klima-Hotspots betrachten müsse, sie verdienen deutlich mehr Aufmerksamkeit.

Allerdings zeigt eine aktuelle Studie von Forscherinnen und Forschern der Universität Zürich anhand von Massenberechnungen, dass es sich bei dem Gletscherschwund um ein weltweites Phänomen handelt. So hätten im Zeitraum 1961-2016 große Masseverluste in den Gletschern der Hochanden, der Zentralanden, in Alaska, West-Kanada und den USA stattgefunden (Zemp et al., 2019). Das bedeutet: Nicht nur in den asiatischen Hochgebirgen, überall auf der Welt entwickeln sich Gletscher zu wichtigen Klima-Hotspots.

Gletscherverlust mit langfristigen Folgen

Betrachtet man die aktuelle Berichterstattung über die Gletscher der Hochgebirge Asiens, gewinnt man häufig den Eindruck, eine mögliche Gletscherschmelze würde im direkten Gegenzug zu einem gravierenden Wasserrückgang in den in den Flusssystemen der Anrainerstaaten führen. Tatsächlich sind die Ursache-Wirkungsbeziehungen komplexer. Zum einen speist sich der Hauptteil der Flüsse aus Niederschlägen – das heißt Regen und Schnee. Gletscher sind dagegen vor allem in den Oberläufen der Flusseinzugsgebiete eine wichtige Wasserquelle und tragen insbesondere in den Trockenzeiten zum Abfluss bei. In einem klimatischen Durchschnittsjahr wird der Beitrag der Gletscher am gesamten Wasseraufkommen der Flüsse auf weniger als zwei bis maximal acht Prozent geschätzt (Pritchard, 2017).

Zum anderen gibt es den sogenannten Peak-Water-Effekt. Wenn Gletscher abschmelzen, fließt zunächst solange mehr Wasser ab, bis ein kritischer Punkt („Peak“) erreicht ist. Von diesem Wendepunkt an liefert der verkleinerte Gletscher nicht mehr die gleichen Mengen an Wasser wie zuvor und das Wasservolumen fällt nach einiger Zeit unter den Ausgangswert (Huss & Hock, 2018). Hierdurch kann die Situation eintreten, dass insgesamt nicht mehr ausreichend Wasser für die verschiedenen Nutzungen zur Verfügung steht.

Bereits vor einigen Jahren wiesen Forschungsergebnisse aus China darauf hin, dass sich vor dem Hintergrund des Klimawandels die Gletscherabdeckung im Bereich Westchinas bis 2050 um 27 Prozent reduzieren und die Eisreserven um ein Viertel zurückgehen könnten (Piao et al., 2010; Wang & Zhang, 2011). Besonders interessant an der Studie war, dass hier bereits der Peak-Water-Effekt berücksichtigt wurde. Demnach käme es nicht zu einem sofortigen Rückgang des Schmelzwassers; im Gegenteil: Bis zum Jahr 2050 müsste sogar

mit einem Anstieg gerechnet werden. Erst danach würde es zu einem Rückgang der Abflussmengen kommen - mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Flusssysteme und die Wasserressourcen selbst im Norden Chinas. Die Gletscherschmelze ist dieser Studie zufolge ein Thema, das seine negative Wirkung nicht unmittelbar, jedoch mittel- und langfristig entfaltet. Dann aber mit umso schwerwiegenden Folgen für die Wasserversorgung.

Bedeutung der Gletscher für die Region

Welche Bedeutung haben die Gletscher in den Hochgebirgen Asiens gegenwärtig? Die wichtigste Funktion von Gletschern - zum Beispiel im Himalaya - besteht darin, dass sie vor allem eine zentrale Rolle als Speicher für die sommerlichen Trockenzeiten spielen. Sie übernehmen eine wertvolle Ausgleichsfunktion, nämlich antizyklisch genau in den warmen und heißen Monaten Wasser abzugeben, wenn es für die Bewirtschaftung von Feldern gebraucht wird. Gerade in Innerasien oder im nördlichen Pakistan mit seinem semi-ariden Klima ist diese kostenlose Ökosystemleistung der Gletscher von großer Bedeutung. Umso wertvoller wird das Wasser der Gletscher, wenn es zu längeren Dürreperioden in der Region kommt. Zudem nimmt die Bevölkerung etwa in Pakistan kontinuierlich zu. Das heißt, das knappe Wasser muss auch in Trockenzeiten für immer mehr Menschen reichen. Gleichzeitig beeinflussen die Gletscher im asiatischen Hochgebirge die Luftzirkulation und damit verbunden den Monsunregen. Auch das macht sie zu empfindlichen Klimaindikatoren für die ganze Region.

Eine besondere Bedrohungslage ergibt sich schon heute aus zahlreichen Schmelzwasserseen am Ende der Gletscher, die mit großer Geschwindigkeit anwachsen und zum Teil nur von brüchigen Gesteinsschichten gehalten werden. Der Ausbruch eines solchen großen Gletschersees könnte zu einer gefährlichen Flutwelle führen. Darüber hinaus ist das abfließende Schmelzwasser wichtig für viele Staudammsysteme in der Region und damit für die Energieversorgung. Nach Analysen des britischen Gletscherforschers Hamish Pritchard erzeugt die Wasserkraft ein Drittel des pakistanischen Stroms und 90 Prozent des Stroms in Nepal.

Erforschung unter schwierigen Bedingungen

Die Gletscher in den asiatischen Hochgebirgen sind keine statischen Gebilde. Sie ändern ihre Größe je nach Temperatur oder Niederschlag. Von besonderer Bedeutung und Aussagekraft ist für die Forscher das Verhältnis von Massezunahme und -abnahme der Gletscher. Will man die Entwicklung der Wasserreserven beurteilen, die in den Gletschern gebunden sind, gilt es, dieses Verhältnis möglichst genau zu bestimmen. Das bedeutet auch, die Daten über längere Zeiträume hinweg zu erfassen. So lässt sich herausfinden, ob sich ihre Fähigkeit verändert, Wasser zu speichern.

Das Problem hierbei: Die Erforschung der Gletscher findet unter schwierigen Bedingungen statt. Je höher und unzugänglicher ein Gletscher liegt, desto schwieriger ist die Beobachtung über längere Zeitreihen hinweg. Das betrifft zwar generell alle Hochgebirgsregionen der Welt, aber ganz besonders die Himalaya-Region und die angrenzenden Gebirge mit Gletschern in einer Höhe von teilweise mehr als 5.000 Metern. Hier stellen arbeitsintensive Vor-Ort-Messungen - beispielsweise Niederschlagsmessungen, die Messung der Eismächtigkeiten oder die Messung der Abflussmenge von Schmelzwasser - eine besondere Herausforderung dar und häufig sind sie gar nicht möglich.

Unsicherheiten bei Massebestimmung

In der Vergangenheit kam es bei der Erforschung von Masseverlusten oder -zunahmen von Gletschern regelmäßig zu Unsicherheiten: Beispielsweise war die Flächenbestimmung eines Gletschers häufig fehlerbehaftet, weil seine Umrisse nicht genau definiert werden konnten. Daher war oft nur schwer zu erkennen, wo ein Gletscher beginnt und wo er aufhört. Heute liefern hier moderne Satellitentechnik oder Beobachtungen aus dem Flugzeug heraus wertvolle Erkenntnisse. Beispielsweise ist in den vergangenen Jahren sowohl die Aufnahmefrequenz als auch die räumliche Auflösung der Satellitenaufnahmen erheblich besser geworden. Zudem können heute ganze Regionen räumlich erfasst werden. Dies führt insgesamt dazu, dass sich die Datenlage deutlich verbessert hat.

Aber auch bei der Beobachtung aus der Luft können Probleme auftreten, die mit der Geröllschicht zusammenhängen, die aus abgehenden Lawinen im Himalaya stammen und viele Gletscher bedecken. Sie beeinträchtigen die Erfassung der Ausdehnung eines Gletschers bzw. die Beurteilung der Übergänge zwischen Gletscher und Felsen, da Geröll auf dem Gletscher spektral die gleichen Eigenschaften hat wie die Moräne neben dem Gletscher. Aber auch scheinbar einfache Fragen wie die Organisation von Beobachtungsflügen können zum Problem werden. So fehlt für umfangreiche Flugmessungen oft die nötige Logistik. Und die notwendigen Genehmigungen für grenzüberschreitende Messflüge sind häufig nur sehr schwer zu erhalten.

Auf der technischen Seite ist es mit vorhandenen Satelliten möglich, die Volumenänderung der Gletscher zu bestimmen, indem Änderungen in der Höhe seiner Oberfläche gemessen werden. Bei dieser Methode werden regelmäßig die Aufnahmen über einer bestimmten Gletscherregion wiederholt und Differenzen in der Oberflächenhöhe bestimmt. Aufbauend auf diesen Daten können dann digitale Geländemodelle erstellt werden. Seit 2003 können im Rahmen der GRACE-Mission, an der das Deutsche GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) beteiligt sind, Masseveränderungen in größeren Eisregionen wie Grönland oder der Polarregion beobachtet werden, beispielsweise wenn sich durch das Abschmelzen des Eises Änderungen im Erdschwerefeld ergeben. Limitierender Faktor war jedoch bislang die räumliche

Auflösung der Daten (300 Kilometer), die durch die Nachfolge-Mission GRACE Follow-On verringert werden soll. Hier verspricht man sich in Zukunft gerade für die kleinräumige Beobachtung von Gebieten genauere Ergebnisse.

Bei der Modellierung von Gletscheränderungen ist zu beachten: Die Entwicklung der Gletscher ist einer komplexen Dynamik unterworfen. Beispielsweise kann die Geröllschicht, die sich auf einem Gletscher befindet, störend auf seine Ausdehnung auswirken. Je nach ihrer Mächtigkeit kann sie das Abschmelzen verstärken, aber auch eine isolierende Wirkung haben. Bilden sich - durch höhere Oberflächentemperaturen bedingt - im Innern große Höhlen oder Seen auf dem Gletscher bzw. im Gletschervorfeld, weil Eis abschmilzt, bewirkt dies häufig Verzögerungen oder die Gefahr von kurzfristigen Ausbruchseignissen.

Um die Auswirkungen auf Stabilität genau festzustellen benötigt man begleitende Vor-Ort-Messungen der Eismächtigkeiten sowie der Mächtigkeit der Schuttdecken. Solche Messungen fehlen aber in weiten Bereichen der asiatischen Hochgebirge. Zwar gäbe es die technischen Verfahren - beispielsweise Kernbohrungen in der Firnregion der Gletscher -, aber für systematische Messungen ist das Gebiet zu groß und bei tausenden Gletschern würden enorme Kosten entstehen.

Weitere Forschung notwendig

Um die Datenlage für die Region zu vervollständigen und einen noch besseren Einblick in die Veränderung der Gletscher in den Asiatischen Hochgebirgen zu erhalten, müsste es gelingen, die dynamischen Prozesse noch genauer abzubilden. Hierzu gehören notwendige Daten zu wichtigen Variablen wie Gletscherbewegung, Oberflächenzustand sowie Eisdickenrekonstruktion. Diese Langzeitdaten könnten dann die Basis für aussagekräftige Prognosen bilden. Für die Region gibt es Zeitreihen einzelner Gletscher, die bis in die 1960er-Jahre zurückgehen. Abgebildet werden jedoch nur die Entwicklungen in einzelnen Gebieten und großflächig können Änderungen sogar erst ab den Jahren 1999/2000 einigermaßen gut bestimmt werden. Insgesamt reichen die Daten also noch nicht sehr weit zurück. Die beiden oben beschriebenen Studien zur Entwicklung der Gletscher in den asiatischen Hochgebirgen könnten ein wichtiger Anstoß sein, um weitere notwendige Referenzmessungen direkt vor Ort vorzunehmen.

Inwieweit der Klimawandel mit dem damit verbundenen Temperaturanstieg der alleinige oder der zentrale Treiber der Gletscherbedrohung in den Gebirgskomplexen Hochasiens ist, ist durchaus nicht unumstritten. Es gibt beachtliche regionale Effekte, die bei der Analyse berücksichtigt werden müssen und die in großflächigen Modellierungen häufig nicht genug Beachtung finden. In der Vergangenheit gab es etliche Studien, die belegen, dass Ruß in der Atmosphäre ein Hauptgrund für die Gletscherschmelze darstellt. So würden die Monsunwinde die Rußpartikel aus Kraftwerken oder dem Verkehr der Großstädte Asiens in

die Höhenlagen transportiert, wo sie sich auf dem Eis niederschlagen. Dies würde die Fähigkeit der Gletscher reduzieren, Sonnenstrahlen zu reflektieren. Gleichzeitig heizen sich die Aerosole auch in der Atmosphäre durch die Sonnenstrahlung auf und führen zu einem Temperaturanstieg in den Höhenlagen. Dieser wiederum beeinflusst die Gletscherschmelze entscheidend mit - gerade bei Gletschern, die sich in kritischen Höhenlagen befinden, bei welchen durch einen Temperaturanstieg der Gefrierpunkt deutlich überschritten wird.

Beide Effekte - das heißt treibhausgasbedingter weltweiter Temperaturanstieg sowie rußbedingter Temperaturanstieg in der Region - werden als zentrale Auslöser für die Gletscherschmelze in Zukunft Gegenstand weiterer Forschung sein müssen. Verbunden damit ist die Erforschung von möglichen Änderungen des Niederschlags und der atmosphärischen Zirkulation.

Die Frage, ob es zu einer Stärkung oder Schwächung des Monsuns kommt, ist wiederum entscheidend für die regionale Entwicklung der Gletscher. Denn Massenzuwächse, die für die Balance der Gletscher zentral sind, gibt es gerade in den niederschlagsreichen Monaten. Hier existieren bereits valide Erkenntnisse, die sich aus der Kombination von Satellitendaten und Feldmessungen ergeben. Sie zeigen beispielsweise im Karakorum relativ stabile Verhältnisse bei den beobachteten Gletschern und zum Teil sogar Massezuwächse. Auch für den Himalaya-Bogen ergibt sich kein homogenes Bild. Hier zeigt sich, dass die Negativ-Werte für das Abschmelzen durchaus ungleich verteilt sind (Brun et al., 2017).

Nach Ansicht von Professor Dr. Matthias Braun, Glaziologe an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, sollten daher „möglichst alle vergletscherten Gebiete möglichst regelmäßig mittels Satelliten vermessen werden, da nur so die regionalen Unterschiede und die Prozesse, die diese Änderungen steuern, besser erfasst werden können“. Insgesamt sieht der Gletscher-Experte die Stärke in der Kombination verschiedenster Methoden von in-situ Messungen, satellitengestützten Verfahren und komplexen geophysikalischen Modellen - diese ermöglichen einerseits Messergebnisse belastbarer zu machen, andererseits verbesserte Prognosemöglichkeiten und damit Anpassungs- und Mitigationsstrategien unter verschiedenen Klimaszenarien.

Fachliche Durchsicht: Prof. Dr. Matthias Braun (Institut für Geographie an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg FAU).

Referenzen

- Byers, A. (2007). An assessment of contemporary glacier fluctuations in Nepal's Khumbu Himal using repeat photography. *Himalayan Journal of Sciences*, 4(6), 21-26. doi:10.3126/hjs.v4i6.979
- Brun, F., Berthier, E., Wagnon, P., Kääb, A. & Treichler, D. (2017). A spatially resolved estimate of High Mountain Asia glacier mass balances from 2000 to 2016. *Nature Geoscience*, 10, 668-673. doi:10.1038/ngeo2999
- Farinotti, D., Huss, M., Fürst, J. J., Landmann, J., Machguth, H., Maussion, F. & Pandit, A. (2019). A consensus estimate for the ice thickness distribution of all glaciers on Earth. *Nature Geoscience*, 12, 168-173. doi:10.1038/s41561-019-0300-3
- Huss, M. (2015). Zukünftige Gletscher-Entwicklung. In J. L. Lozán, H. Graßl, D. Kasang, D. Notz & H. Escher-Vetter (Hrsg.), *Warnsignal Klima: Das Eis der Erde* (S. 184-188). Hamburg: Verlag für Wissenschaftliche Auswertungen.
- Huss, M. & Hock, R. (2018). Global-scale hydrological response to future glacier mass loss. *Nature Climate Change*, 8, 135-140. doi:10.1038/s41558-017-0049-x
- Kaspari, M., Schwikowski, M., Gysel, M., Flanner, M. G., Kang, S., Hou, S. & Mayewski, P. A. (2011). Recent increase in black carbon concentrations from a Mt. Everest ice core spanning 1860-2000 AD. *Geophysical Research Letters*, 38(4):L04703, 1-6. doi:10.1029/2010GL046096
- Kraaijenbrink, P. D. A., Bierkens, M. F. P., Lutz, A. F. & Immerzeel, W. W. (2017). Impact of a global temperature rise of 1.5 degrees Celsius on Asia's glaciers. *Nature*, 549, 257-260. doi:10.1038/nature23878
- Linsbauer, A., Frey, H., Haeberli, W., Machguth, H., Azam, M., & Allen, S. (2016). Modelling glacier-bed overdeepenings and possible future lakes for the glaciers in the Himalaya–Karakoram region. *Annals of Glaciology*, 57(71), 119-130. doi:10.3189/2016AoG71A627
- Piao, S., Ciais, P., Huang, Y., Shen, Z., Peng, S., Li, J. ... Fang, J. (2010). The impacts of climate change on water resources and agriculture in China. *Nature*, 467, 43-51. doi:10.1038/nature09364
- Pritchard, H. D. (2017). Asia's glaciers are a regionally important buffer against drought. *Nature*, 545, 169-174. doi:10.1038/nature22062
- Rüegg, P. (2019, 11. Februar). Weltweites Eisvolumen neu berechnet. *ETH Zürich News* [ethz.ch]. Aufgerufen am 25.04.2019.
- Vaughan, D. G., Comiso, J. C., Allison, I., Carrasco, J., Kaser, G., Kwok, R., ... Zhao, L. (2013). Observations: Cryosphere (Chapter 4). In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, ... P. M. Midgley (Hrsg.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. 317-382). Cambridge: Cambridge University Press.
- Wang, S. & Zhang, Z. (2011). Effects of climate change on water resources in China. *Climate Research*, 47(1-2), 77-82. doi:10.3354/cr00965
- Wester, P., Mishra, A., Mukherji, A. & Shrestha, A. B. (Hrsg.). (2019). *The Hindu Kush Himalaya Assessment. Mountains, Climate Change, Sustainability and People*. Cham: SpringerOpen. doi:10.1007/978-3-319-92288-1
- Zemp, M., Huss, M., Thibert, E., Eckert, N., McNabb, R., Huber, J., ... Cogley, J. G. (2019). Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016. *Nature*, 568, 382-386. doi:10.1038/s41586-019-1071-0

Zitiervorschlag

Jorzik, O. (2019, 29. April). Gletscherschmelze in den asiatischen Hochgebirgen. *Earth System Knowledge Platform* [eskp.de], 6. doi:10.48440/eskp.064



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen: eskp.de | [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

eskp.de | Earth System Knowledge Platform - die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft