

WIE GELINGT RENATURIERUNG?

## Staudämme: Auen in der Amazonasregion erhalten

Autorin: Jana Kandarr (Earth Knowledge Platform ESKP)

Fachliche Prüfung und Ergänzungen: Prof. Dr. Florian Wittmann (Karlsruher Institut für Technologie KIT)

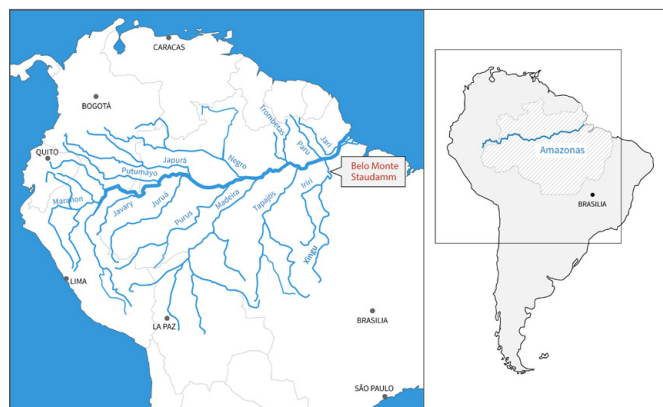
Tausende von Staudämmen sind weltweit in Planung und werden nahezu irreversibel in die dortigen Auen-Ökosysteme eingreifen. Insbesondere um die Energie der Flüsse im Amazonasbecken ist ein regelrechter Wettlauf entbrannt, milliardenschwere Investitionen fließen in die Stromerzeugung mit Wasserkraft. Mehr als 190 Dämme sind gebaut, und über 245 in konkreter Planung. Im Zuge dessen drohen einzigartige und hochgradig fluttolerante Bäume und an sie angepasste Arten unwiederbringlich verloren zu gehen.

- Flussauen gehören neben Mooren, naturnahen Wäldern und Korallenriffen zu den am stärksten bedrohten Ökosystemen.
- Das KIT hat Vulnerabilitätsindizes für Auenwälder entwickelt, die weltweit angewendet und im Vorfeld eines Bauprojektes großräumige, negative Effekte aufzeigen können.
- Umweltgutachten müssten zwingend flussabwärts des Staudamms gelegene Gebiete miteinbeziehen.
- Spezifische Maßnahmen sollten vor allem in einer Erhaltung der natürlichen Hoch- und Niedrigwasser sowie dem jährlichen Flutregime bestehen.

Der gigantische Belo-Monte-Staudammkomplex im Fluss Xingu, einem Nebenfluss des Amazonas, soll mit seiner Kapazität von schlussendlich 11.233 Megawatt nahezu 11 Prozent der brasilianischen Stromversorgung sicherstellen. So der Plan. Oft wird die Maximalkapazität nie erreicht. Der umstrittene Bau des 3,5 Kilometer langen Staudamms hat bisher mehr als 18 Milliarden Dollar verschlungen und wird voraussichtlich mehr als 20.000 Menschen angestammter Völker vertreiben. Das Projekt hat selbst bekannte Hollywood-Regisseure wie James Cameron auf die Aktivisten-Agenda gebracht. Noch 2019 soll das Bauwerk, dessen Planung vor Jahrzehnten begann, in Betrieb gehen. Es wird der viertgrößte Staudamm der Welt sein. Zum gleichen Vorhaben gehört der noch viel größere 6,5 Kilometer lange Pimental Damm, der den Fluss in zwei Kanäle teilt.

Das Amazonasbecken ist weltweit eines der wichtigsten Zielgebiete der hydroelektrischen Entwicklungsplanung (Winemiller et al., 2016). Auch der Santo-Antônio-Staudamm (3.150 MW)

und Jirau (3.750 MW) im Fluss Madeira sind bereits am Netz, weitere Großprojekte befinden sich in konkreter Planung. Allein für Brasilien sieht der „Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010“, der Zehnjahres-Plan zum Energieausbau des Brasilianischen Ministeriums für Bodenschätze und Energie, den Bau weiterer



Übersicht über den Verlauf des Amazonas und seiner Nebenflüsse: In Belo Monte am Xingu wurde eines der größten Wasserkraftwerke der Welt gebaut.

Karte: Wissensplattform Erde und Umwelt / CC BY 4.0

38 Dämme mit jeweils mehr als 30 Megawatt Leistung bis 2023 vor (Assahira et al., 2017).

Die tiefgreifenden, teils wohl irreversiblen Eingriffe dieser Mega-Projekte in natürliche, über Jahrtausende entstandene Ökosysteme müssen dringlicher denn je untersucht werden, mahnen Wissenschaftler\*innen in ihren Publikationen (u.a. Whinemiller et al., 2016; Wittmann et al., 2019).

Wir beleuchten in diesem Artikel, wie Staudämme natürliche Systeme verändern. Weithin bekannt ist sicherlich die Tatsache, dass die Bauwerke die Drift und Migration von aquatischen und semi-aquatischen Organismen verhindern (Nilsson & Berggren, 2000). Warum und welche Wirkungen sie auf den Klimawandel haben, dazu finden sich weiterführende Informationen im ESKP-Artikel: „Stauseen setzen große Mengen Methan frei“.

### **Längere und für Organismen unvorhersehbare Überflutungen**

Flussabwärts von Stauanlagen sind Veränderungen besonders dramatisch. Organismen haben sich über vergleichsweise lange geologische oder evolutionäre Zeiträume an natürliche Flutregime angepasst. Trocken- und Regenzeiten im Einzugsgebiet großer Amazonasflüsse bestimmen seit Jahrtausenden die Hoch- und Niedrigwasserperioden. Der jährlich wiederkehrende Hochwasserpuls bringt ein großartiges Mosaik unterschiedlichster Lebensräume hervor. Da sind Gebiete, in denen Pflanzen einen Großteil des Jahres mit ihren Wurzeln im Wasser ausharren können, der Sauerstoffarmut und Nässe trotzen, dann solche Lebensräume, die nur teilweise vom Flusswasser geprägt werden bis hin zu solchen, die praktisch nie überschwemmt werden. Überall gibt es Übergangsbereiche. Der sogenannte Flutgradient ist Voraussetzung für allerlei ökologische Nischen, an welche sich die Lebewesen der Auen in ihrer Entwicklung hervorragend angepasst haben (Junk et al., 1989).

Zwei sich ergänzende Hypothesen erklären, wieso sich in Auen eine derart hohe Biodiversität entwickelt. Die „Hypothese der mittleren Störungsintensität“ besagt, dass eine hohe Vielfalt an Lebensformen insbesondere dann entsteht, wenn Ökosysteme moderaten Störungen, in diesem Fall den natürlichen Überflutungen, unterliegen. Das Störungsregime wird durch den Bau von Staudämmen jedoch erheblich verändert: An Stauanlagen sind durchschnittliche Hochwasser weniger hoch, Niedrigwasser dafür umso höher (Poff et al., 2007). Eine Angleichung der Wasserstände ist die Folge.

Die zweite Hypothese, das „Flutpuls-Konzept“, weist auf die für Pflanzen und Tiere vorhersehbaren Muster hin, an welche sich die Organismen über lange Zeiträume angepasst haben. Diese wiederkehrenden Überflutungsmuster – gesteuert durch Regen- und Trockenzeit – führen zu hoher Biodiversität (Junk et al., 1989).

### **Plötzlich rein terrestrische und rein aquatische Lebensräume**

Dämme verändern das Flutregime, wenn der Wasserdurchfluss nicht bewusst entsprechend ökologischer Notwendigkeiten gesteuert wird. Zum Teil fallen Bäume mehrere Jahre in Folge nicht mehr trocken. Untersuchungen am Balbina-Damm, einem der ersten Dämme, gebaut in den 1980er Jahren im Rio Uatumã, um die Stadt Manaus zu versorgen, zeigten, dass ganze Gebiete nun zu rein aquatischen oder auch rein terrestrischen Lebensräumen reduziert wurden. Die vielfältigen Übergänge verschwanden. Bäume hielten verlängerten Überflutungsperioden auf Dauer nicht stand, und das obwohl diese flutresistenten Bäume bereits bis zu 300 Tage im Jahr mit ihren Wurzeln im Wasser stehen können.

Nach 10–20 Jahren, also stark zeitversetzt, kam es am Rio Uatumã auf einem Abschnitt von über 125 Kilometern flussabwärts des Damms zu einem Massensterben. Vor allem die bestens an langanhaltende Überschwemmungen ange-

passten Baumarten *Macrobium acaciifolium* und *Eschweilera tenuifolia* waren betroffen. (Asahira et al., 2017; Sousa Lobo et al., 2019)

Bäume und deren Wachstumsringe sind äußerst gute Indikatoren, um das Ausmaß von Störungen in der einzigartigen Auenvegetation zu beurteilen. Datierungen mit Hilfe von Kohlenstoff (<sup>14</sup>C-Methode) der äußersten Zuwachsringe im Holz und dendrochronologische Studien an den toten Bäumen belegen, dass alle untersuchten Bäume nach Fertigstellung der Staumauer (Balbina-Staudamm) signifikante Wachstumsreduktionen aufwiesen. Die langfristige Konsequenz ist dann, dass selbst Baumarten, die physiologisch mit extremen Bedingungen zurechtkommen können, verschwinden. Im Falle der vollständigen Verdrängung dieser einzigartigen Spezies wird es keine anderen Baumarten geben, die an vergleichsweise hohe und langanhaltende Überschwemmungen angepasst sind. Es gibt keine Renaturierungstechniken und -programme, die derartige Veränderungen des Ökosystems auffangen können.

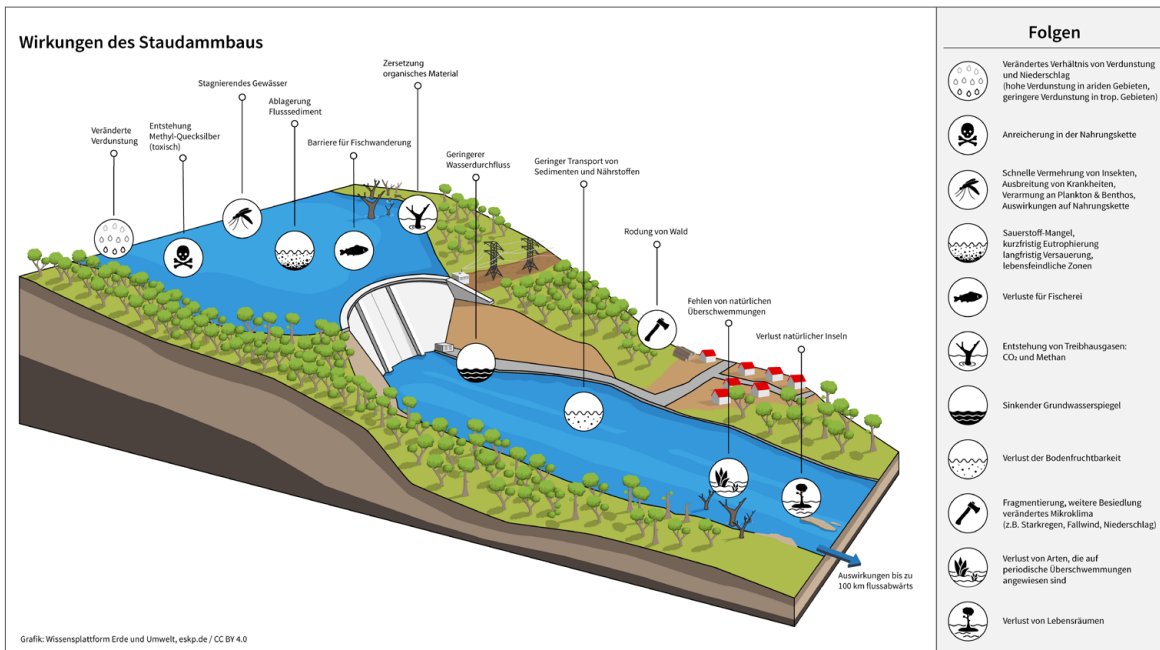
### Signifikante Veränderungen der Schweb- und Nährstofffrachten

Wenn Dämme den gesamten Wasserfluss verlangsamen, bringt das erhebliche Veränderungen des Schweb- und Feststoffhaushalts der Fließgewässer mit sich. In den bis mehrere tausend Quadratkilometer großen Reservoiren kommt es zur Reduzierung der Fliessenergie und somit zu signifikanten Veränderungen der Schweb- und Nährstofffrachten. Im Stausee selbst kann es vorübergehend zum Nährstoffüberschuss kommen, was ein exzessives Pflanzenwachstum mit sich bringt. Man spricht auch von „Eutrophisierung“, welche eine Veränderung der lokalen Flora und Fauna und damit der gesamten Nahrungskette mit sich bringt. Nach einem kurzfristigen Effekt erhöhter Fertilität durch Eutrophierung kommt es mit zunehmendem Alter der Stauwerke zur Verarmung der planktonischen Gemeinschaft, was sich unmittelbar auf die Nahrungsketten auswirkt.

Unterhalb der Staudämme kommt es zu einer Reduzierung an Nährstoffen, was die Fruchtbarkeit und somit Tragfähigkeit der Auenhabitate verringert. Gravierend ist dabei, dass Staudämme insbesondere 3-Schichttonminerale im Sediment zurückhalten. Sie stammen vor allem aus den Anden und nicht aus dem viele hundert Millionen Jahre alten Ausgangsgestein des Amazonasbeckens. Die Minerale sind aufgrund ihres relativ jungen geologischen Alters noch unverwittert, und haben deshalb eine hohe Austauschkapazität für Nährstoffe. Das macht sie so wertvoll für Ökosysteme aber auch die Landwirtschaft.

Die exakten langfristigen Veränderungen des Schweb- und Feststoffhaushalts der Fließgewässer sind schwierig vorherzusagen, jedes Flusssystem verhält sich hier anders (Nilsson et al., 2000). Der Andenfluss Madeira transportiert beispielsweise circa die Hälfte des Sediments, welches aus Bolivien und Peru in den Amazonas gelangt. Obwohl die genauen Schätzungen des Sedimentrückhaltes noch kontrovers diskutiert werden, wird vermutet, dass nahezu 97 Prozent der Sande (und 20 Prozent aller Sedimente) stromaufwärts des Santo-Antônio-Damms eingeschlossen wären. Diese Schätzungen berücksichtigen nicht die Auswirkungen der anderen 25 vorgelagerten Staudämme in den Andenregionen (Nilsson et al., 2000).

Die natürliche Sedimentationsdynamik des Flusses wird durch den Sedimentrückhalt unterbrochen oder vermindert. Das führt zur Reduzierung spezifischer Habitate wie Anlandungen oder Stränden, die z.B. wichtig für die Brut von Vögeln und Amphibien sind und somit zur Reduzierung der Habitatvielfalt einer natürlichen Flusslandschaft. Dasselbe geschieht z.B. auch am Oberrhein. Durch die Begrädnung wurde der Sedimenthaushalt dahingehend zerstört, dass es keine neuen Anlandungen mehr gibt. Folge ist der Verlust des Habitats und damit spezifischer Arten, die nur in diesem Habitat vorkommen.



Auswirkungen auf die Umwelt durch den Bau eines Staudamms  
 Grafik: Wissensplattform Erde und Umwelt, eskp.de / CC BY 4.0

## Ausbildung lebensfeindlicher Zonen im Wasser

Mit dem Aufstau kommt es ebenfalls zur Ausbildung thermaler Schichten, die sich in einem natürlichen Flusslauf nicht entwickeln würden. Bei einer plötzlichen Durchmischung dieser Schichten, wie sie beispielsweise bei extremen Klimaereignissen während El Niño-Jahren oder bei antarktischen Kaltlufteinbrüchen eintreten, kann es zum Massensterben ganzer Fischpopulationen kommen. Auch schlagartige Wasserstandsabsenkungen durch die Stauwerksbetreiber durchmischen diese thermalen Schichten.

Im Hypolimnion (Tiefenwasser) entsteht oft eine lebensfeindliche Zone mit anoxischen (sauerstoffarmen) Bedingungen – oftmals erfahren diese Bereiche auch Reduzierungen des pH-Werts (Versauerung). Für die aquatischen und benthalen Lebensgemeinschaften hat dies dramatische Konsequenzen. Rheophile und migrierende Fischarten, die verschiedene Habitate während ihres Lebenszyklus benötigen, sind vor allem betroffen.

Als Konsequenz verändert sich die Fischfauna nach wenigen Jahren grundlegend und weist eine reduzierte Diversität auf, wie im Itaipú-Reservoir des südostbrasilianischen Rio Paraná aufgezeigt werden konnte (Agostinho et al., 2008). Das hat auch Folgen für die Pflanzenwelt. Denn in Amazonien haben sich weltweit einzigartige Symbiosen zwischen Fisch- und Baumarten entwickelt. Fische fressen beispielsweise Baumfrüchte und verbreiten so die Samen entlang der Flüsse. Verändert sich die Fischfauna, hat das somit Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Baumarten des Überschwemmungswaldes.

## Wie lassen sich negative Auswirkungen im Vorfeld abschätzen?

Der „Dam Environmental Vulnerability Index“ (DEVI, zu dt. „Staudamm-Umweltgefährdungsindex“) kann die potenziellen hydrophysischen Auswirkungen von Dämmen auf die Fluvialsysteme und ihre biologische Vielfalt vergleichen. Er wurde von Prof. Florian Wittmann und anderen Wissenschaftler\*innen des Aueninstituts (KIT) in Zusammenarbeit mit brasiliani-

schen Kollegen\*innen entwickelt (Latrubesse et al., 2017) und besteht aus drei Indices:

- dem **Basin Integrity Index** (BII), der die Anfälligkeit des Flussgebiets gegenüber bestehenden und potenziellen Landnutzungsänderungen, Erosion und Gewässerbelastung durch Schadstoffe quantifiziert;
- dem **Fluvial Dynamics Index** (FDI), der den Einfluss der von den Flüssen transportierten Sedimentfrachten, die morpho-dynamische Aktivität der Flüsse und den Zeitpunkt und Amplitude der Überflutung berücksichtigt;
- sowie dem **Dam Impact Index** (DII), der angibt, wie stark das Flusssystem (Ratio von Lauflänge, Anzahl der Zuflüsse und Anzahl an Dämmen) von bereits gebauten und geplanten Dämmen betroffen sein wird.

Die Werte des Staudamm-Umweltgefährdungsindex reichen von 0 bis 100, wobei höhere Werte auf eine größere Anfälligkeit eines Wassereinzugsgebietes hinweisen.

### **Umweltgutachten auch für Gebiete flussabwärts**

Die potenziellen Auswirkungen von mehr 190 gebauten bzw. 246 geplanten Dämmen (>1MW) im Amazonasbecken sind voraussichtlich irreversibel (Lee et al., 2016). In Zukunft wird es immer wichtiger, die Wirkungen von Staudämmen, die sich aus der Summe der Vielzahl der Projekte ergeben, abzuschätzen. Denn diese akkumulierten Wirkungen werden bisher nur von Wissenschaftler\*innen betrachtet, nicht jedoch in Umweltgutachten (Kemenes et al., 2011).

Umweltgutachten müssen bei den geplanten Stauwerken auch auf die stromabwärts gelegenen Auenwälder ausgedehnt werden. Für die bereits bestehenden Wasserkraftwerke sollte das Betriebsregime so ausgerichtet werden, dass es den natürlichen Abflussverhältnissen auch im Hoch- und Niedrigwasserbereich möglichst nahekommt, um die wichtigen Übergangslbensräume zu erhalten.

Viele Großprojekte wie Staudämme aber auch Highways (z.B. Belem-Brasilia, Cuiaba-Porto Velho) waren in der Vergangenheit zwar nationale Planungsentscheidungen, meist konnten sie jedoch nur mit internationalen Geldgebern wie der Weltbank oder Interamerican Development Bank realisiert werden (Fearnside, 1989). Auch hier gibt es Hebel für eine umweltverträgliche Entwicklungspolitik, zumal die Kosten für solche Projekte oft explodieren: eine internationale Studie zeigte, dass Dämme im Schnitt 96 Prozent mehr kosteten als zuvor veranschlagt (Ansar, 2014), was deren gesamtgesellschaftlichen Nutzen – einmal ganz ungeachtet der immensen ökologischen Schäden – zusätzlich in Frage stellt.

## Quellen

- Agostinho, A. A., Pelicice, F. M. & Gomes, L. C. (2008). Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4), 1119-1132. doi:10.1590/S1519-69842008000500019
- Ansar, A., Flyvbjerg, B., Budzier, A. & Lunn, D. (2014). Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development. *Energy Policy*, 69, 43-56. doi:10.1016/j.enpol.2013.10.069
- Assahira, C., Piedade, M. T. F., Trumbore, S. E., Wittmann, F., Cintra, B. B. L., Batista, E. S., Faria de Resende, A. & Schöngart, J. (2017). Tree mortality of a flood-adapted species in response of hydrographic changes caused by an Amazonian river dam. *Forest Ecology and Management*, 396, 113-123. doi:10.1016/j.foreco.2017.04.016
- Latrubesse, E. M., Arima, E. Y., Dunne, T., Park, E., Baker, V. R., d'Horta, F. M., Wight, C., Wittmann, F., Zuanon, J., Baker, P. A., Ribas, C. C., Norgaard, R. B., Filizola, N., Ansar, A., Flyvbjerg, E. & Stevaux, J. C. (2017). Damming the rivers of the Amazon basin. *Nature*, 546, 363-369. doi:10.1038/nature22333
- Nilsson, C & Berggren, K. (2000). Alteration of Riparian Ecosystems caused by river regulation. *BioScience*, 50(9), 783-792. doi:10.1641/0006-3568(2000)050[0783:AORECB]2.0.CO;2
- Pestana I. A., Azevedo, L. S., Bastos, W. R. & Magalhães de Souza, C. M. (2019). The impact of hydroelectric dams on mercury dynamics in South America: A review. *Chemosphere*, 219, 546-556. doi:10.1016/j.chemosphere.2018.12.035
- Sousa Lobo, G., Wittmann, F. & Fernandez Piedade, M. T. (2019). Response of black-water floodplain (igapó) forests to flood pulse regulation in a dammed Amazonian river. *Forest Ecology and Management*, 434, 110-118. doi:10.1016/j.foreco.2018.12.001
- Winemiller, K., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., ... Sáenz, L. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351(6269), 128-129. doi:10.1126/science.aac7082
- Wittmann, F., Damm, C. & Schöngart, J. (2019). Der Sandwich-Effekt: Einengung von Habitaten durch Staudämme gefährdet die größten und artenreichsten Flussauen der Erde. *Auenmagazin*, 15, 49-53.

## Impressum

### Herausgeber

Helmholtz-Zentrum Potsdam,  
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
Telegrafenberg  
14473 Potsdam

### Redaktion

PD Dr. Dierk Spreen  
Jana Kandarr  
Oliver Jorzik

### Layout

Pia Klinghammer

E-Mail: [redaktion-eskp@gfz-potsdam.de](mailto:redaktion-eskp@gfz-potsdam.de)

Alle Artikel sind auch im Internet abrufbar:

<https://themenspezial.eskp.de/biodiversitaet-im-meer-und-an-land/inhalt-937146/>

Stand: Februar 2020

Heft-DOI: <https://doi.org/10.2312/eskp.2020.1>

ISBN: 978-3-98-16597-4-0

### Zitiervorschlag:

Earth System Knowledge Platform (Hrsg.). (2020). *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt*. Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/eskp.2020.1

### Einzelartikel:

[Autor\*innen]. (2020). [Beitragstitel]. In Earth System Knowledge Platform (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Biodiversität im Meer und an Land. Vom Wert biologischer Vielfalt* ([Seitenzahlen]). Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:[DOI]

Die Verantwortung für die Inhalte der Einzelbeiträge der vorliegenden Publikation liegt bei den jeweiligen Autorinnen und Autoren.



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