



Sedimentänderung wurde ein signifikantes Wasserbewirtschaftungsthema im Donaueinzugsgebiet – basierend auf dem EU-Projekt DanubeSediment

H. Habersack · P. Gmeiner · M. Krapesch · S. Baranya · K. Holubova · K. Mravcova · F. Vartolomei · E. Hödl · I. Liska · H. Mühlmann · M. Haimann

Angenommen: 11. Mai 2023 / Online publiziert: 20. Juni 2023
© Der/die Autor(en) 2023

Zusammenfassung In vielen Flusseinzugsgebieten ist eine zunehmende Diskrepanz zwischen Überschuss und Defizit an Sedimenten zu beobachten. Dies führt zu einem Anstieg des Hochwasserrisikos, einer Einschränkung der Schifffahrtsmöglichkeiten und der Stromerzeugung aus Wasserkraft und wirkt sich negativ auf die Ökologie aus. Eine Hauptaufgabe des Wasserbaus ist daher die Verbesserung des Sedimentmanagements und der Flussmorphologie. Um bestehende Wissenslücken zu schließen, wurden entlang

der gesamten Donau quantitative Sedimentdaten erhoben und analysiert. Es wurde eine Sedimentbilanz erstellt, die die Probleme aufzeigt, die sich aus der Sedimentdiskontinuität ergeben. Das Einzugsgebiet der Donau stellt insbesondere aufgrund der Unausgewogenheit des Sedimentregimes ein stark gestörtes System dar. Der Eintrag von Schwebstoffen in das Schwarze Meer wurde beispielsweise von rund 40 bis 60 Mio. Tonnen pro Jahr auf etwa 15 bis 20 Mio. Tonnen pro Jahr verringert, was zu einer verstärkten Küstenerosion führte. Darüber hinaus wurden in den letzten 200 Jahren lange Abschnitte der Donau eingeeignet, reguliert und von den Überflutungsflächen abgetrennt sowie morphologisch degradiert. Dies hat zu erhöhten Sohlschubspannungen und in der Folge zu einer erhöhten Sedimenttransportkapazität geführt. Als Folge der longitudinalen und lateralen Unterbrechungen des Sedimentkontinuums und der zusätzlichen Auswirkungen der Regulierung sind die verbleibenden frei-fließenden Abschnitte der Sohlerosion ausgesetzt. Dies führt im Allgemeinen zu einem Verlust von Strukturen im Fluss, mit einem Verschwinden von Kiesbänken an der oberen Donau und Veränderungen von Sandbänken an der unteren Donau. In den Stauräumen herrscht das Gegenteil, nämlich Sedimentation, die teilweise auch Hochwasserschutzprobleme mit sich bringt. Da die Donau ein in Summe gestörtes Sedimentregime aufweist wurde im dritten Donau-Flussgebietsbewirtschaftungsplan die Änderung der Sedimentverhältnisse als signifikantes Wasserbewirtschaftungsthema verankert. Mögliche Antworten auf diese Probleme werden durch einen Maßnahmenkatalog gegeben.

Flussmorphologie · Signifikantes Wasserbewirtschaftungsthema (SWMI)

Alteration of sediment balance became a significant water management issue in the Danube River Basin – based on the EU project DanubeSediment

Abstract An increasing discrepancy between surplus and lack of sediments can be observed in many river basins. This leads to an increase of flood risks and a reduction of navigation possibilities, hydropower production and negatively impacts ecology. Thus, a main task is to improve sediment management as well as river morphology. To close existing knowledge gaps quantitative sediment data have been collected and analyzed all along the Danube River. A Sediment Balance was set up, which explains the problems that arise with sediment discontinuity. The Danube River basin is, in particular due to the disbalance of the sediment regime a heavily disturbed system. The input of suspended sediments to the Black Sea has e.g. been reduced from around 40–60 million tons per year to about 15–20 million tons per year, leading to increased coastal erosion. Moreover, long sections of the Danube River have been narrowed, channelized and disconnected from floodplains as well as morphologically degraded over the last 200 years. This has caused increased bottom shear stresses, and subsequently increased sediment transport capacities. As a consequence of both, longitudinal and lateral disturbances of the sediment supply and additional impacts of the channelization, the remaining free-flowing sections are subject to various forms of riverbed degradation. Such degradation or riverbed incision leads to a loss of instream structures in general, with a disappearance of gravel bars at the Upper Danube, and

Univ.-Prof. DI Dr. Dr. h.c. H. Habersack (✉) · DI P. Gmeiner · DI M. Krapesch · DI M. Haimann
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Institut für Wasserbau, Hydraulik und Fließgewässerforschung, Universität für Bodenkultur Wien, Am Brigittener Sporn 3, 1200 Wien, Österreich
helmut.habersack@boku.ac.at

Dr. S. Baranya
Department of Hydraulic and Water Resources Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Ungarn

Ing. K. Holubova, Ph.D. · Mgr. K. Mravcova
Water Research Institute, Bratislava, Slowakei

Dr. F. Vartolomei
National Administration „Romanian Waters“, Bucharest, Rumänien

Dr. E. Hödl · Dr. I. Liska
Internationale Kommission zum Schutz der Donau, Wien, Österreich

DI H. Mühlmann
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien, Österreich

Schlüsselwörter Sedimenttransport · Sedimentbilanz · Donau ·

changes of sand bars at the Lower Danube. Opposite conditions exist in impoundments and reservoirs, where sedimentation can additionally cause floodrisk problems.

Because of the totally disturbed sediment regime in the Danube and its tributaries the third Danube River Basin Management Plan for the first time states that sediment balance alteration is a Significant Water Management issue.

Possible answers to these problems are provided by a catalogue of measures.

Keywords Sediment transport · Sediment balance · Danube River · River morphology · Significant water management issue (SWMI)

1 Einleitung

Als Lebensader für Mensch und Natur muss die Donau eine Vielzahl von Bedürfnissen erfüllen: Sie liefert Trinkwasser, ist ein transeuropäischer Schifffahrtskorridor, dient dem Tourismus und der Naherholung, liefert Energie und Ökosystemdienstleistungen und stellt einen wichtigen Naturraum dar. Um diese wichtige Lebensader besser nutzen zu können, wurden die Donau und ihre Nebenflüsse im Laufe der Jahre schrittweise verändert, um den Hochwasserschutz sowie die Schifffahrt zu verbessern und in jüngerer Zeit auch, um die Wasserkraft zu nutzen (Habersack et al. 2016). Punktuelle und diffuse Verschmutzung und zunehmende landwirtschaftliche Nutzung haben ebenfalls Auswirkungen auf das Flusssystem. An mehreren Flussabschnitten fanden in der Vergangenheit außerdem umfangreiche Baggerarbeiten zur Ge-

winnung von Baumaterial statt. Nach Angaben der Internationalen Kommission zum Schutz der Donau (IKSD 2009) sind im Vergleich zum 19. Jahrhundert weniger als 19% der ehemaligen Überflutungsflächen entlang der Donau erhalten. Die reiche und einzigartige biologische Vielfalt und die Flusslebensräume entlang der Donau sind in Gefahr.

In vielen Flusseinzugsgebieten ist bereits eine zunehmende Diskrepanz zwischen Überschuss und Defizit an Sedimenten aufgrund der anthropogenen Eingriffe zu beobachten. An der Donau wurde über 30 Jahre eine Diskussion über die Bedeutung von Sedimenten als wichtiges wasserwirtschaftliches Thema geführt. Um diese Frage zu klären, wurde das EU-Projekt „DanubeSediment“ gestartet.

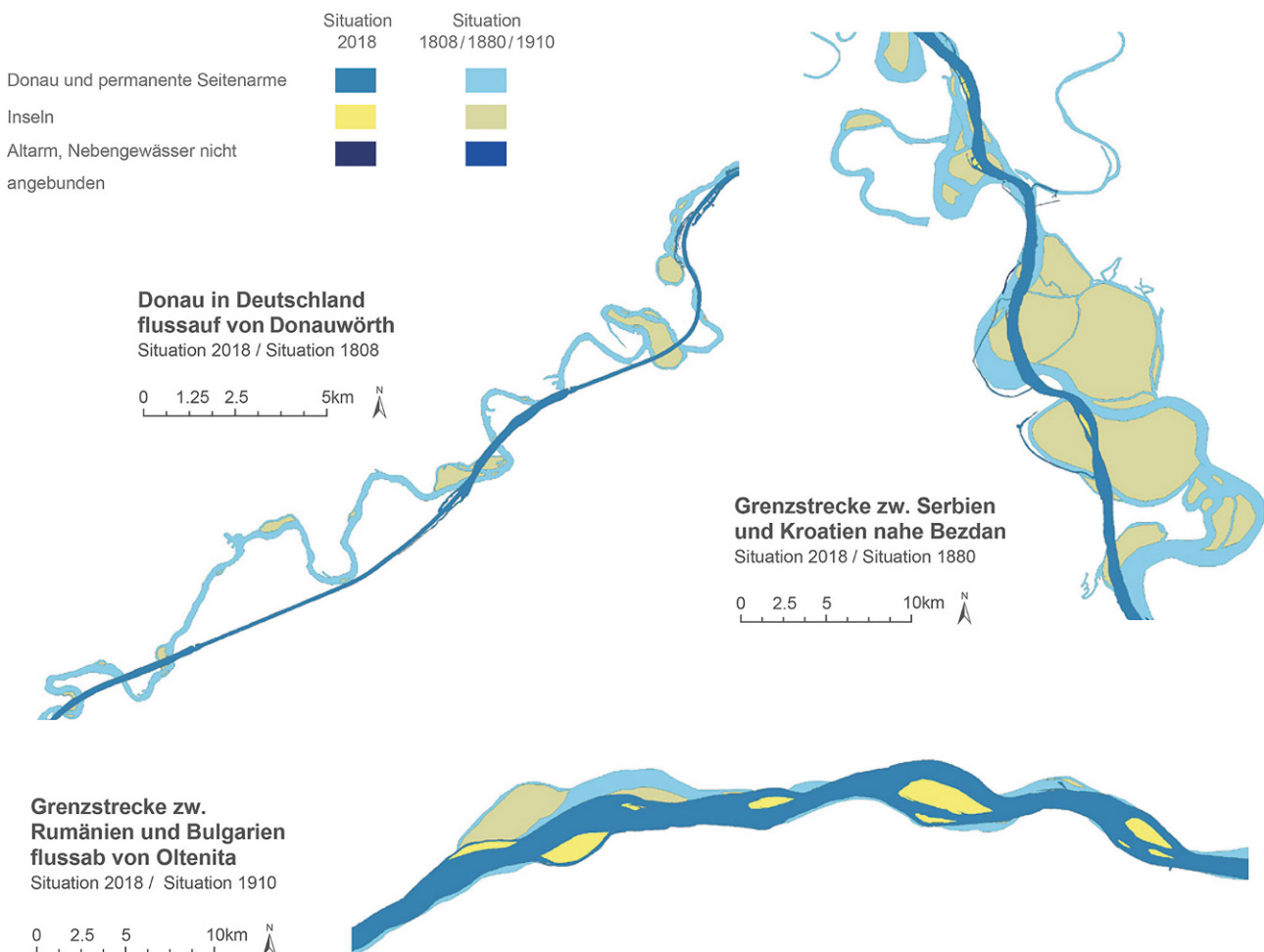


Abb. 1 Oben links: Donau in Deutschland flussaufwärts von Donauwörth. Oben rechts: Grenzabschnitt zwischen Serbien und Kroatien bei Bezdán. Unten: Grenzabschnitt zwischen Rumänien und Bulgarien flussabwärts von Oltenita (Habersack et al. 2019a)

2 Projekt „DanubeSediment“

Das Sedimentregime der Donau und ihrer wichtigsten Zubringer wurde im Rahmen des EU-finanzierten Projekts DanubeSediment untersucht (kofinanziert durch die EU-Fonds EFRE und IPA im Rahmen des Danube Transnational Programme). Dabei arbeiteten 14 Partner aus neun Ländern zusammen, um die erste Sedimentbilanz für die gesamte Donau zu erstellen. Durch das Projekt konnte das Prozessverständnis verbessert werden und es half dabei, Wissenslücken zu schließen. Nur mithilfe dieser donauweiten Sedimentanalyse können Maßnahmen vorgeschlagen und Empfehlungen zur Verbesserung des Sedimentmanagements ausgesprochen werden.

3 Aktuelle Situation bezogen auf Sedimente an der Donau

Um die bestehende Situation in Bezug auf den Sedimenttransport zu analysieren, wurden Monitoringdaten entlang der gesamten Donau erhoben und ausgewertet. Darüber hinaus wurden die historische und die aktuelle Flussmorphologie verglichen, Korngrößen untersucht und Maßnahmen zum Sedimentmanagement zusammengetragen.

Als Haupteinflussfaktoren auf den Sedimenthaushalt der Donau und der wichtigsten ausgewählten Zubringer

wurden im Rahmen des Projekts DanubeSediment die Wasserkraft, die Schifffahrt und der Hochwasserschutz (zusätzlich noch Sedimentbaggerungen) identifiziert. Während die Wasserkraft die jüngste Veränderung des Systems darstellt, wurde die Flussregulierung für die Schifffahrt und den Hochwasserschutz vor allem in der Oberen und Mittleren Donau bereits seit dem 19. Jahrhundert umgesetzt. Dabei wurden vor allem die Flussbreite und die Länge der Donau erheblich verändert.

In der Oberen und Mittleren Donau wurden größere Abschnitte von einer ursprünglich komplexen Flussmorphologie mit mäandrierenden und gewundenen Flusstypen sowie verzweigten Abschnitten hin zu einem einheitlich gewundenen Flusstyp verändert (Abb. 1). Vor allem in diesen beiden Abschnitten wurden die Breite der Donau und ihrer Überflutungsflächen sowie die Flusslänge deutlich verringert. Die Gesamtlänge der Donau wurde um 134 Flusskilometer verkürzt, davon 98 Flusskilometer (11%) an der Oberen Donau und 31 Flusskilometer (4%) an der Mittleren Donau, was in freien Fließstrecken zur Gefällserhöhung führte. An der Oberen Donau wurde die Gesamtbreite im Durchschnitt um 39% (die aktive Breite um 22%) und an der Mittleren Donau um 12% (die aktive Breite um 1%) verringert (Habersack

et al. 2019a, b; Abb. 2). Der Bau von künstlichen Strukturen, wie Leitwerke und Buhnen, verringerte die Breite bei niedrigem Wasserstand zusätzlich. Als Folge dieser Veränderungen kam es zu verschiedenen Formen der Degradation des Flussbetts, und die natürlich entstandenen Sedimentstrukturen, wie Inseln und Kiesbänke, Seitenarme und Altarme wurden in den verbleibenden frei-fließenden Abschnitten erheblich reduziert. Die Ergebnisse des Projekts zeigen, dass die seitlichen Einschränkungen durch Begradigungen im Fall der Unteren Donau weniger stark ausgeprägt sind. So verringerte sich die Länge nur um etwa 1%, und die mittlere Gesamtbreite veränderte sich um 4%, wobei die Breite des aktiven Flusses um 1% zunahm (Habersack et al. 2019a, b).

Darüber hinaus fehlen der Donau durch flussbauliche Maßnahmen wie Ufersicherungen die seitlichen Erosionsprozesse, was zu einer entsprechend reduzierten Morphodynamik in den nicht gestauten Abschnitten führt. Dies hat zur Folge, dass in den verbleibenden frei-fließenden Abschnitten verschiedene Größenordnungen der Sohleintiefung und ein Mangel an Uferstrukturen zu verzeichnen sind. Die eingeschränkte Seitenerosion und die fehlende Morphodynamik begrenzen auch den Sedimenteintrag von den Ufern, wodurch der laterale Austausch

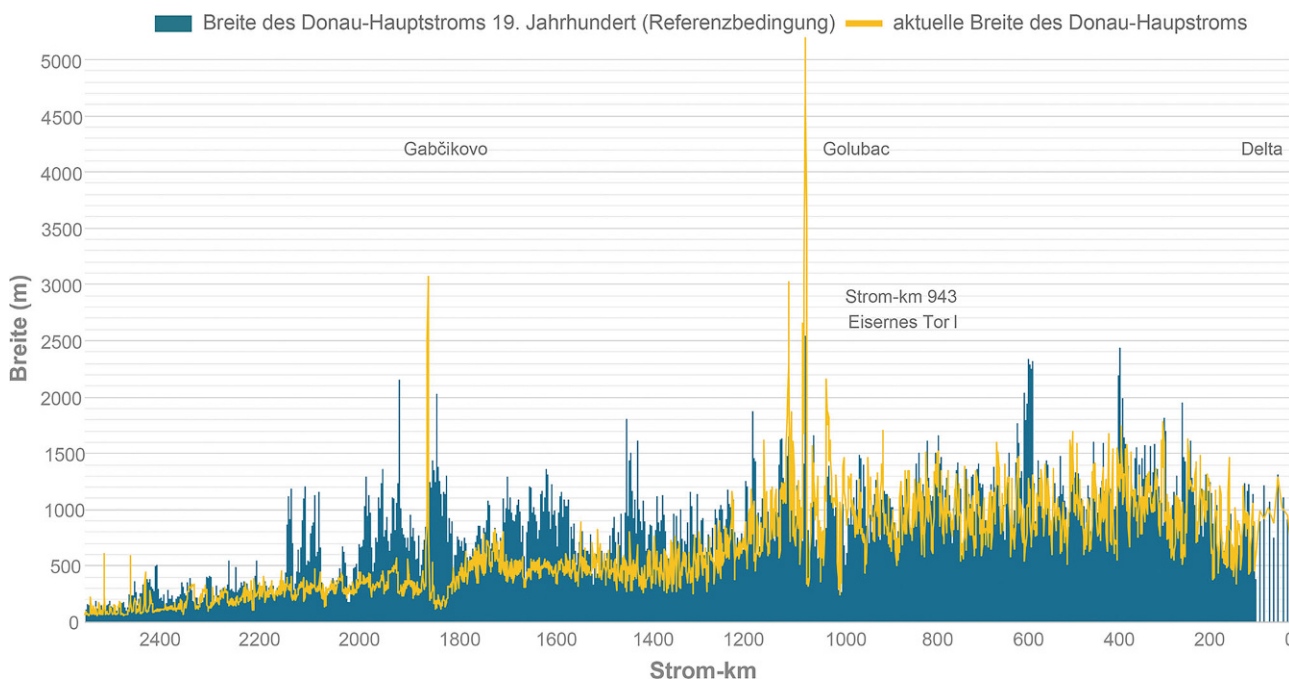


Abb. 2 Breite der Donau: Vergangenheit und Gegenwart (modifiziert nach Habersack et al. 2019a)

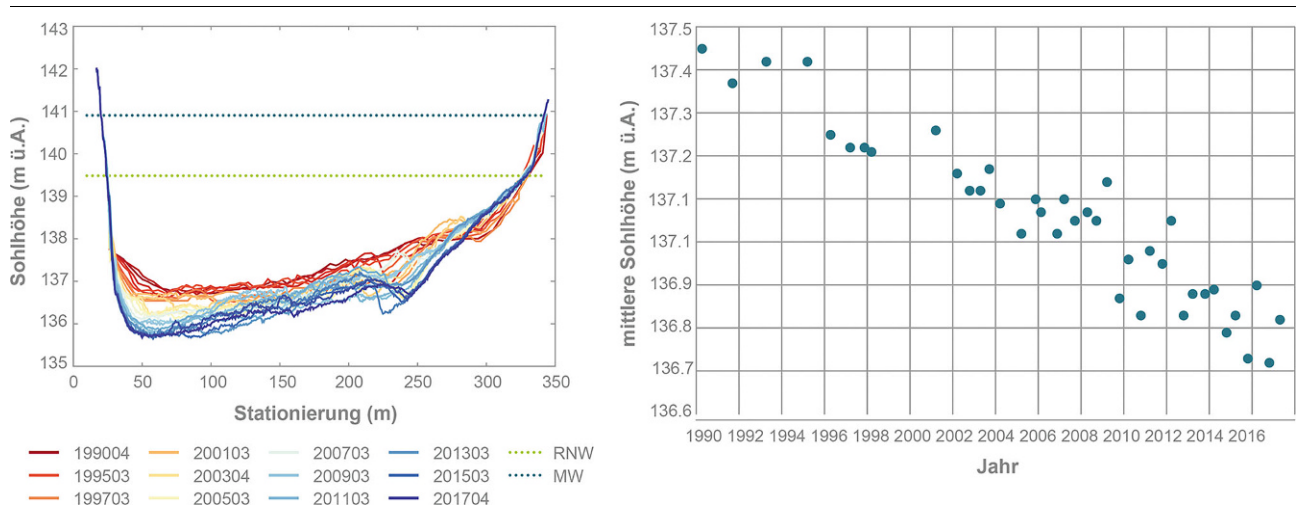


Abb. 3 Beispiel der Sohlenerosion in einem frei-fließenden Abschnitt der österreichischen Donau (Habersack et al. 2019b; Datenquelle: viadonau)

Änderung der mittleren jährlichen Schwebstofffracht im Längsverlauf

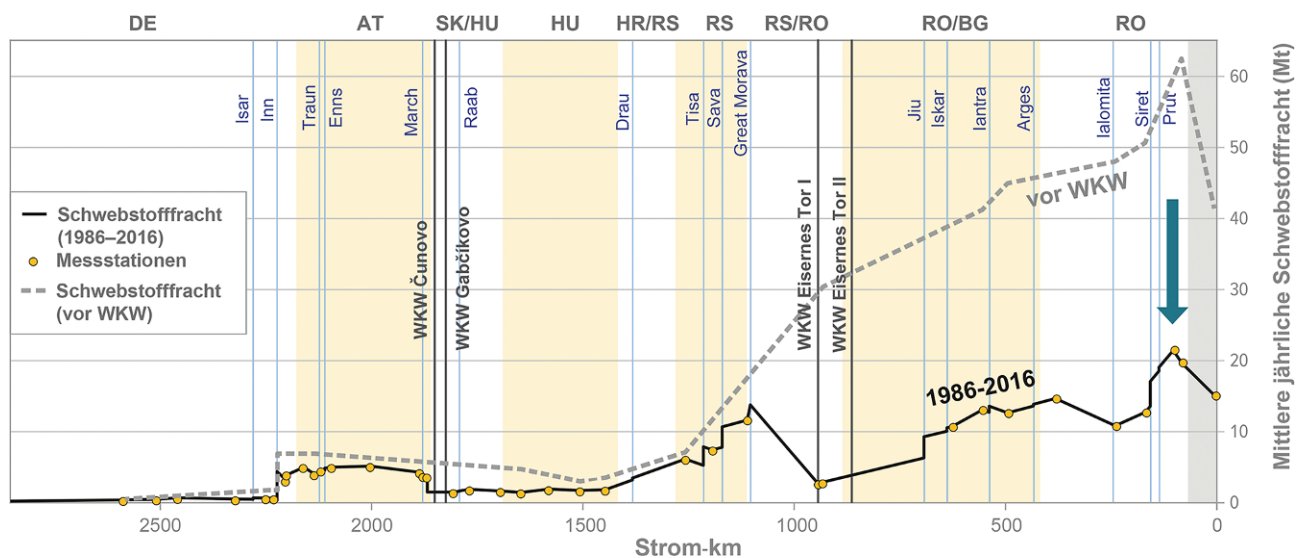


Abb. 4 Schwebstoffe entlang der Donau: Vergangenheit und Gegenwart (modifiziert nach Habersack et al. 2019a, b)

von Sedimenten (Ablagerung und Erosion) verringert wird. Diese kombinierten Faktoren führen zu einer Erosion des Flussbetts von bis zu mehreren Zentimetern pro Jahr in den frei-fließenden Abschnitten (Abb. 3). Dadurch können vom Menschen geschaffene Strukturen wie Ufersicherungen unterspült und ihre Stabilität gefährdet werden. Weitere Folgen der Sohleintiefung sind ein Absenken des Grundwasserspiegels, die Abtrennung von Seitenarmen, der Verlust von Fließgewässerstrukturen und eine Verschlechterung der Lebensraumqualität, wodurch der ökologische Zustand des Flusses und wertvoller Auen beeinträchtigt wird.

Kraftwerksanlagen zur Wasserkraftnutzung unterbrechen oder reduzieren das Sedimentkontinuum der Donau und ihrer Nebenflüsse in Längsrichtung. Dies führt zusammen mit anderen identifizierten Belastungen (einige betreffen die laterale Konnektivität, z. B. Dämme, Flussregulierung) zu einer signifikanten Veränderung des Sedimenthaushalts. Auf der Grundlage der von den Projektpartnern bereitgestellten Monitoringdaten wurde eine Grafik erstellt, die die Entwicklung der Schwebstofffracht entlang der Donau aufzeigt (Abb. 4). Die Ergebnisse zeigen deutlich die Auswirkungen der Eingriffe von der Oberen Donau bis zum Donaudelta.

Die Sedimente werden in erster Linie in den Stauräumen der Wasserkraftwerke zurückgehalten, wo es aufgrund der verringerten Fließgeschwindigkeiten, Sohlschubspannungen und Transportkapazitäten zu Sedimentation kommt. Die Unterbrechung der Flusskontinuität verhindert auch den Geschiebedurchtransport, was flussab zu einem Mangel an flussbildenden Sedimenten führt. Feinsedimente können bei großen Hochwasserereignissen, z. B. in den Stauräumen der Oberen Donau, remobilisiert werden (Abb. 5), was bei Ausuferung zu einer Erhöhung der Verlandung in den Vorländern und damit

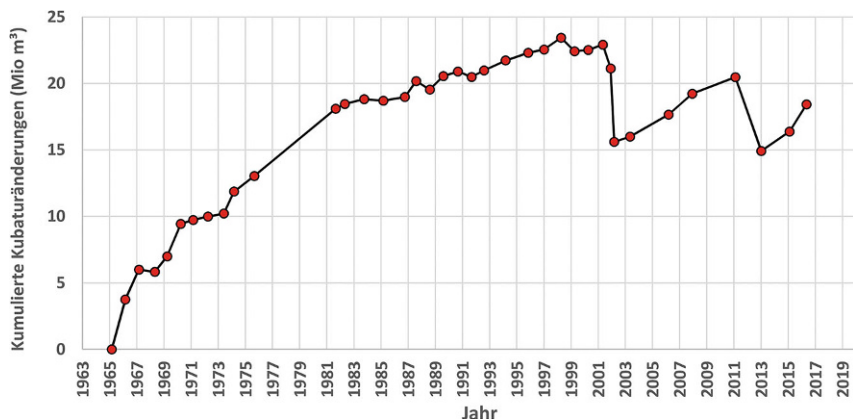


Abb. 5 Sedimentation und Remobilisierung von Sedimenten bei extremen Hochwasserereignissen am KW Aschach (AT) (Datenquelle: VERBUND)

zu einer Zunahme der Schäden in den überfluteten Gebieten führen kann.

3.1 Erste Sedimentbilanz an der Donau

Der erste Schritt zur Erstellung der Sedimentbilanz der Donau bestand darin, eine große Menge an Daten zum Sedimenttransport zu sammeln und

zu analysieren. An den meisten Sedimentmessstationen (mehr als 60) werden Daten zu Schwebstoffen erhoben, während an nur acht Stationen Geschiebedaten zur Verfügung standen. Schwebstoffe stellen zwar den größeren Teil der transportierten Sedimente, aber das Geschiebe hat einen großen Einfluss auf die Flussmorphologie, weshalb dessen Erhebung für die Sedimentbilanz ebenfalls von großer Bedeutung wäre. Vorhandene Messdaten zeigten, dass das Kontinuum beim Geschiebe noch stärker unterbrochen ist.

Nach Harmonisierung der verschiedenen Datensätze konnte eine Schwebstoffbilanz der Donau für zwei verschiedene Zeiträume erstellt werden, wobei auch die wichtigsten Zubringer an ihren flussabwärts gelegenen Messstationen berücksichtigt wurden (Abb. 6). Seit dem Bau der großen Wasserkraftwerke an der Donau und ihren Zubringern ist die jährliche Schwebstofffracht, die das Donaudelta und das Schwarze Meer er-

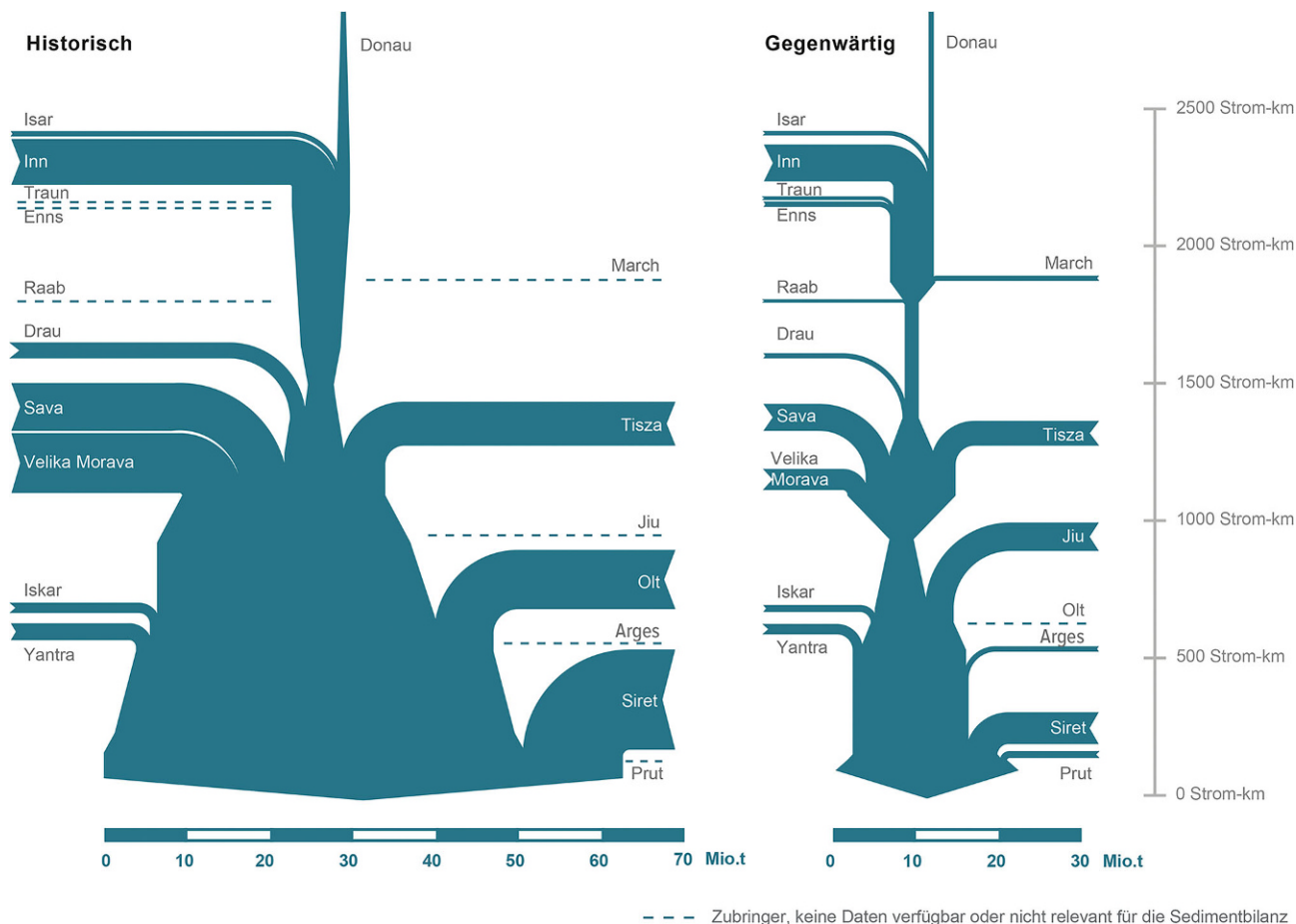


Abb. 6 Schwebstoffbilanz entlang der Donau und ihrer wichtigsten Zubringer vor (links) und nach (rechts) dem Bau von Kraftwerken an der Donau (gestrichelte Linien: Zubringer, für die keine Daten verfügbar sind oder die für die Schwebstoffbilanz nicht relevant sind). Die horizontale Skala (Mt) gilt sowohl für die Donau als auch für ihre Zubringer (Habersack et al. 2019a, b)

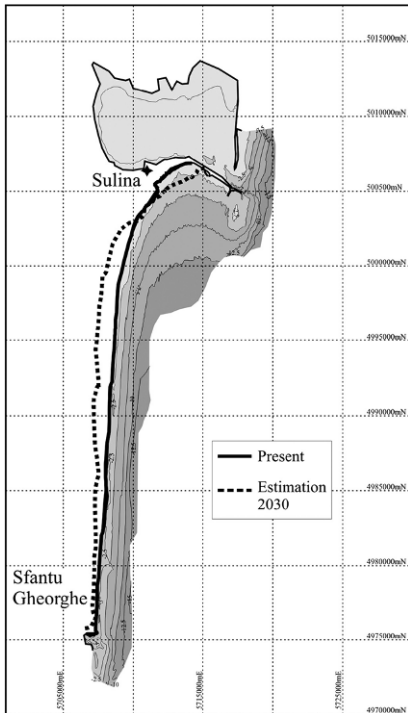


Abb. 7 Küstenerosion am Schwarzen Meer (Stanica & Panin 2009)

reicht, um bis zu 60 % zurückgegangen. In der Vergangenheit erreichten jährlich etwa 40 bis 60 Mio. Tonnen das Donaudelta und das Schwarze Meer, während heute nur noch etwa 15 bis 20 Mio. Tonnen Schwebstoffe ankommen (Habersack et al. 2019a, b).

Um die erste Sedimentbilanz der Donau zu erstellen, wurden weitere Daten wie Bagger- und Zugabemengen von Sedimenten sowie die Zusammensetzung und die Korngrößen der transportierten Sedimente und des Bettmaterials erhoben. Darüber hinaus wurden die Veränderungen der Sohlhöhen für verschiedene Zeiträume untersucht.

Im Donaodelta führt der Mangel an Sedimenten in Verbindung mit dem Abschneiden von Mäandern, der Regulierung und dem Ausbaggern auch zu Erosion in den Hauptarmen der Donau (Schwarz et al. 2008). Dies wirkt sich auf die Küstenmorphologie aus und führt zu einer erhöhten Küstenerosion von bis zu 20 bis 25 m pro Jahr (Stanica & Panin 2009) (Abb. 7).

Insgesamt bestätigte sich die Annahme, dass Sedimente in gestauten Bereichen abgelagert werden, während

Erosion vor allem in den frei-fließenden Abschnitten stattfindet. Eine Übersicht über Bereiche mit Erosion und Anlandung für die gesamte Donau ist in Abb. 8 dargestellt. Rund 733 Flusskilometer der Donau sind durch Erosion gekennzeichnet. In der Unteren Donau ist die Datenlage über weite Strecken unzureichend, aber punktuelle Daten an Pegelstationen deuten auf einen Erosionstrend für etwa 670 Flusskilometer flussabwärts des Eisernen Tores II hin. Insgesamt sind etwa 56 % der gesamten Donau einer Erosionstendenz unterworfen. Demgegenüber überwiegt Sedimentation auf etwa 857 Flusskilometern, insbesondere flussaufwärts der Kraftwerke Aschach, Gabčíkovo und Eisernes Tor I. Auf 241 Flusskilometern oder 10 % der Donau ist ein mehr oder weniger dynamisches Gleichgewicht zu beobachten oder es treten keine signifikanten Veränderungen auf (Habersack et al. 2019a, b).

4 Signifikantes Wasserbewirtschaftungsthema

Belastungen der Gewässer, die die Erreichung der Umweltziele der Wasser-



Abb. 8 Abschnitte an der Oberen, Mittleren und Unteren Donau mit Sedimentation und Erosion (Habersack et al. 2019a, b)

rahmenrichtlinie (WRRL) am stärksten gefährden, werden als signifikante Wasserbewirtschaftungsthemen (Significant Water Management Issues – SWMIs) bezeichnet. Im Donaeinzugsgebiet wurden bereits vier signifikante Wasserbewirtschaftungsthemen (SWMIs) für Oberflächengewässer identifiziert (IKSD 2015): organische Verschmutzung, Belastung durch Nährstoffe, Verschmutzung durch gefährliche Stoffe und hydromorphologische Veränderungen.

Im ersten und zweiten Bewirtschaftungsplan für das Donaeinzugsgebiet wurden Sedimente als „sonstiges Problem“ und nicht als bedeutendes wasserwirtschaftliches Problem behandelt. Die Projektergebnisse zeigen, dass der Sedimenthaushalt der Donau aus dem Gleichgewicht geraten ist. Auf der Grundlage der Projektergebnisse und der Diskussionen mit Expert:innen der IKSD wurde entschieden, die Veränderung des Sedimenthaushalts als integralen Bestandteil der Hydromorphologie in Zukunft als Unterpunkt unter dem SWMI „Hydromorphologische Veränderungen“ aufzuführen.

Das wurde im dritten Bewirtschaftungsplan für das Einzugsgebiet der Donau (IKSD 2021a) im Jahr 2021 umgesetzt:

*„Änderungen der Sedimentbilanz
Vision und Managementziele
Die einzugsgebietsweite Vision der
IKSD ist ein ausgeglichenes Sedimentregime und eine ungestörte Sedimentkontinuität. Typspezifische natürliche Sohlformen und Sohlmaterial sowie ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Sedimentation und Erosion sind gegeben. Das ausgewogene Sedimentregime ermöglicht die langfristige Bereitstellung geeigneter Lebensräume für die typspezifischen aquatischen Lebensgemeinschaften und grundwasserabhängigen terrestrischen Ökosysteme. [...]“*

Darüber hinaus werden Empfehlungen für Managementziele und Maßnahmen, die bis 2027 als Schritte zur Verwirklichung der Vision umgesetzt

werden sollen, genannt. Diese beinhalten unter anderem den Vorschlag zur Einrichtung eines harmonisierten Messnetzes des Sedimenttransports im Rahmen des Transnationalen Monitoringnetzes (TNMN), um ein tieferes Verständnis der mit der Sedimentmenge zusammenhängenden Probleme zu erlangen. Dieses Messnetz soll unter der Aufsicht der Arbeitsgruppe Hydromorphologie (HYMO TG), der ExpertInnengruppe Überwachung und Bewertung und der Expertengruppe Hochwasserschutz errichtet werden. Das Handbuch für Stakeholder (Habersack et al. 2019b) bietet Hilfestellungen für sedimentbezogene Maßnahmen im Donauraum und zukünftige Maßnahmenprogramme. Ein Katalog von Maßnahmen zur Verringerung der Auswirkungen ist verfügbar, um gezielte Maßnahmen zur Verbesserung des Sedimenthaushalts und der Kontinuität zu unterstützen. Darüber hinaus lieferte das Projekt Empfehlungen für eine verbesserte Sedimentbilanz im Einzugsgebiet der Donau, die in der Danube Sediment Management Guidance (Habersack et al. 2019a) zusammengefasst sind. Die Projektergebnisse und -empfehlungen wurden in den von der IKSD veröffentlichten Donau-Flussgebietsbewirtschaftungsplan und den Donau-Hochwasserrisikomanagementplan integriert, sodass das Projekt einen direkten Beitrag zum transnationalen Wassermanagement und zur Hochwasserrisikoprävention leistet (IKSD 2021a, b).

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Donau weist ein völlig gestörtes Sediment-System auf (Unterbrechung des Sedimentkontinuums, gestörte Sedimentbilanz). Weniger als 40% der Schwebstoffe erreichen heute das Schwarze Meer, das Geschiebekontinuum ist nahezu unterbrochen. Sedimente sind für die Hydromorphologie und damit für die Ökologie, aber auch für die Wasserkraft, die Schifffahrt, das Hochwasserrisikomanagement usw. von entscheidender Bedeutung. Basierend auf den Ergebnissen des Projekts

DanubeSediment wird empfohlen, den Sedimenthaushalt an der Oberen und Mittleren Donau durch Flussrenaturierungen zu verbessern und die Sohlerosion in frei-fließenden Abschnitten zu stoppen. An der Unteren Donau ist die Erhaltung der Morphodynamik und die Verhinderung weiterer Sohlveränderungen wichtig. Eine Verbesserung des Sedimentkontinuums (inkl. Nebenflüsse) sollte einen wichtigen Teil des zukünftigen Flussgebietsmanagements im Donaeinzugsgebiet bilden. Weiters wird empfohlen, sedimentbezogene Maßnahmen für die Schifffahrt, die Wasserkraft und das Hochwasserrisikomanagement zu entwickeln/umzusetzen. Eine definierte Rückführung des Baggerguts, eine angepasste Landnutzung und die Reduzierung des Sedimentausstrags aus der Landwirtschaft sollten weitere Ziele sein, wobei hier auch Aspekte der Sedimentqualität mit einbezogen werden müssen. Schließlich sollte ein einzugsgebietsweiter Sedimentmanagementplan entwickelt werden, der die Grundlage für die künftigen Bewirtschaftungspläne für das Donaeinzugsgebiet und die Hochwasserrisikomanagementpläne bilden sollte. Das wird in das HORIZON-EUROPE-Mission-Projekt DANUBE4all einfließen, welches 2023 startete und als Hauptergebnis einen „Danube River Basin Restoration Action Plan“ zum Ziel hat.

Danksagung Das Projekt „Danube-Sediment“ wurde von der EU über das Interreg Danube Transnational Programme gefördert. Die finanzielle Unterstützung durch das österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft (BML), das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) sowie das Amt der Oberösterreichischen Landesregierung wird dankend anerkannt. Weiters möchten wir uns bei viadonau und Verbund für die Bereitstellung von Daten bedanken.

Funding Open access funding provided by University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU).

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und

angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betref-

fende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>. ■

Literatur

Habersack, H., Hein, T., Stanica, A., Liska, I., Mair, R., Jager, E., Hauer, C., Bradley, C. (2016): Challenges of river basin management: Current status of, and prospects for, the River Danube from a river engineering perspective. *SCI TOTAL ENVIRON*, 543, 828–845.

Habersack H, Baranya S, Holubova K, Vartolomei F, Skiba H, Babic-Mladenovic M, Cibilic A, Schwarz U, Krapesch M, Gmeiner Ph, Haimann M. (2019a): Danube Sediment Management Guidance. Output 6.1 of the Interreg Danube Transnational Project DanubeSediment co-funded by the European Commission, Vienna. <https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/danubesediment/outputs>. Zugegriffen: 16.06.2023

Habersack H, Baranya S, Holubova K, Vartolomei F, Skiba H, Schwarz U, Krapesch M, Gmeiner Ph, Haimann M (2019b): Sediment Manual for Stakeholders. Output 6.2 of the Interreg Danube Transnational Project DanubeSediment

co-funded by the European Commission, Vienna. <https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/danubesediment/outputs>. Zugegriffen: 16.06.2023

IKSD (2009): Danube River Basin District Management Plan, Part A – Basin-wide overview. Report, International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna.

IKSD (2015): The Danube River Basin District Management Plan – Update 2015. International Commission for the protection of the Danube River (Pub., 164 pp.).

IKSD (2021b): Danube Flood Risk Management Plan – Update 2021. Report, International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna.

IKSD (2021a): Basin District Management Plan, Part A – Basin-wide overview – Update 2021. Report, International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna.

Schwarz, U., Babic-Mladenovic, M., Bondar, C., Gergov, G., Holubova, K., Modev, S., Rákóczy, L., Rast, G., Steindl, J., Sorin, T., Anna, T.E. (2008): Assessment of the balance and management of sediments of the Danube waterway, current status, problems and recommendations for actions. *World wide Fund for Nature*, 59 pp.

Stanica, A., Panin, N. (2009): Present evolution and future predictions for the deltaic coastal zone between the Sulina and Sf. Gheorghe Danube river mouths (Romania): *Geomorphology*, 107, 41–46.

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.